Diseño método AASHTO 1993

Jhonatan Andrés Morales Romero 40191021

Gabriela Suarez Galindo 40191001

Pedro Alejandro Parra Páez 40202009

Juan Sebastián Patiño Pabón

Grupo 1-2

Entregado a:

Ing. Ana Sofia Figueroa Infante

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Civil

20 de noviembre del 2024

Universidad de la Salle

Lista de Tablas

Tabla 1.1. Datos de la estación hidrológica Conejo 7
Tabla 1.2. Valores de intensidad, Tr y duración 8
Tabla 1.3. Datos de intensidad y duración por Tr a 5 años 8
Tabla 1. Serie histórica TPD's estación 608 10
Tabla 2. Serie histórica TPD's Autos estación 608 11
Tabla 3. Serie histórica TPD's Buses estación 608 13
Tabla 7. Peso máximo por eje con base en el tipo de eje 20
Tabla 8. Cargas de referencia 20
Tabla 9. FECE para C3 21
Tabla 10. FECE para C4 21
Tabla 11. FECE para C5 22
Tabla 12. FECE para C6 22
Tabla 13. Factor Camión 22
Tabla 14. Tasas de crecimiento 23
Tabla 15 Factor de crecimiento 24
Tabla 16. Datos de entrada para el NESE 24
Tabla 17. Numero de ejes equivalente de 80 kN 24
Tabla 18 Datos de entrada de metodología de Diseño 27
Tabla 19 Cantidad de adoquines en la vía 27
Tabla 20 Cantidad de arena de sello 28
Tabla 21. CBR de laboratorio 39
Tabla 22. CBR mayor a menor 39
Tabla 23. Datos acumulados 39
Tabla 24. Percentiles del CBR ..... 40}

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Macro a micro localización del proyecto 4
Ilustración .1. Tramo completo del proyecto 5
Ilustración . Tendencia exponencial para autos 10
Ilustración . Tendencia Exponencial para buses 12
Ilustración . Tabla 100-1 Especificaciones técnicas del INVIAS 24
Ilustración 7 29
Ilustración .1 Tabla de norma sobre el tipo de estructura del pavimento 29
Ilustración . Predicción de la expansividad a partir del límite líquido 37
Ilustración . Predicción de la expansividad a partir del índice de plasticidad 37
Ilustración . CBR/Percentil 39
Ilustración . Requisitos de suelos de subrasante para la estabilización con cal . 40

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 4
2. OBJETIVO Y ALCANCE 4
2.1 OBJETIVO 4
2.2 ALCANCE 4
3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 5
4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO 5
5. TRANSITO DE DISEÑO 9
5.1 TASA DE CRECIMIENTO AUTOS 9
5.2 TASA DE CRECIMIENTO BUSES 11
5.3 TASA DE CRECIMIENTO CAMIONES 14
5.4 FACTOR CAMIÓN 17
5.4.1 CLASIFICACIONES DE LOS VEHICULOS 18
5.5 NESE 22
5.6 TRÁNSITO PAVIMENTO ARTICULADO 24
5.7 Diseño de pavimento articulado 24
Cantidades totales con presupuesto 28
5.8 TRÁNSITO PAVIMENTO MECANICISTA 29
5.8 RESULTADOS DE LABORATORIO 31
5.9 ANÁLISIS DE POTENCIAL EXPANSIVO DE LOS SUELOS 37
5.10 DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO 38
5.11 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE 40
5.11.1 Criterios de la estabilización escogida 40
5.11.2 Condiciones de calidad según normas INVIAS 2013 calidad de los materiales 40
5.11.3 Proceso constructivo 41
5.12 MODULO EQUIVALENTE IVANOV 42
5.13 PROCEDIMIENTO DE CALCULO 49
5.14 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE FINAL 52
6. DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO INVIAS 53
7. Presupuesto de la obra 56
7.1 Presupuesto. 56
9.2 Características del diseño. 56

9.3 . Costos Indirectos..... 57
9.4 Costos Indirectos 58
9.5 Costos directos rígido 59
9.6. Interventoría. 60
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60
11.Anexos..... 61

1. INTRODUCCIÓN

La metodología AASHTO 1993 proporciona un enfoque detallado tomando en cuenta diferentes factores tales como la clasificación del tránsito, las características del suelo y condiciones climáticas, con el fin de garantizar una estructura de pavimento adecuada para soportar cargas y el tráfico proyectado a lo largo del tiempo.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, para el desarrollo de la vía Fonseca-Barrancas bajo la metodología AASHTO se desarrollaron diferentes ítems que a su vez van construyendo los parámetros y lineamientos en los que debemos basarnos para realizar el diseño. Tales como el cálculo del TPD, Factor camión, NESE, establecer el CBR de diseño, así mismo el coeficiente de capa.

2. OBJETIVO Y ALCANCE

2.1 OBJETIVO

Diseñar una vía de 7.8 km en pavimento flexible que conecte el municipio de Fonseca con el municipio de Barrancas, en el departamento de La Guajira, utilizando la metodología AASHTO 1993, para garantizar un diseño estructural adecuado basado en las condiciones de tránsito proyectadas.

2.2 ALCANCE

El trabajo incluirá el análisis del tránsito, la caracterización de materiales, y el diseño de los espesores de las capas estructurales del pavimento (subrasante, base, subbase y carpeta asfáltica) conforme a la metodología AASHTO 1993. Además, se delimitará el trazado de la vía, considerando las condiciones topográficas y climáticas de la región, sin incluir la construcción ni supervisión de la obra.

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El tramo de trabajo consta de 7.8 km, con una duración de viaje de aproximadamente 8 minutos, se encuentra en el departamento de la guajira, inicia en el municipio de Fonseca ubicado en las coordenadas 10°53’34,22” N y finaliza en el municipio de Saldaña ubicado en las coordenadas 72°49’54,53” O, este tramo se encuentra en un clima cálido, donde se pueden alcanzar temperaturas máximas de 32 °C. Este tramo se encuentra controlado por la estación 608 del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y por la estación hidrológica más cercana, estación Conejo del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Ilustración 1. Macro a micro localización del proyecto

Fuente: Google Maps-Wikipedia

4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

En este capítulo se presenta un estudio hidrológico que se basa en la teoría de Kirpich e información de una estación del IGAC cercana a la vía de diseño con información sobre precipitaciones máximas hora del sector para obtener el tiempo de concentración y comportamiento de las precipitaciones.

4.1 TEORIA DE KIRPICH

El tiempo de concentración es un factor que define el tiempo que demora en viajar una escorrentía luego de una precipitación de un punto remoto hasta un punto de interés, el lapso entre el final de una lluvia y el momento en que cesa el escurrimiento superficial.

Los datos de entrada para aplicar el teorema de kirpich son una definición de la longitud máxima y pendiente promedio del tramo de estudio, utilizando un sistema de georreferenciación sabemos que la longitud total del tramo es de 7.8 kilómetros, para definir la pendiente del tramo empleamos una cartografía remitiéndonos al Instituto Geográfico Agustín Codazzi, ubicando la vía de estudio tenemos presente las curvas de nivel que abarcan la geología del sector y midiendo la escala del sector obtenemos la pendiente promedio de la longitud.

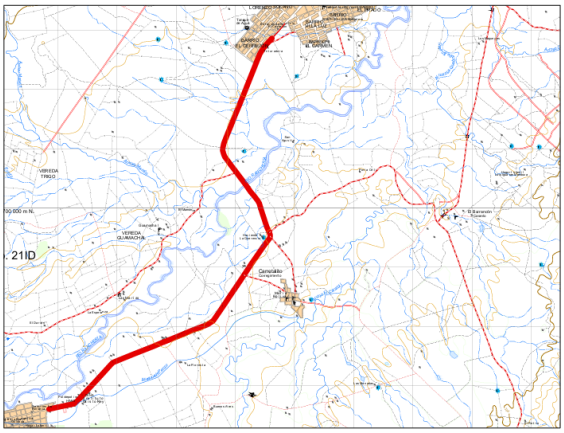


Ilustración 2.1. Tramo completo del proyecto

Fuente: Cartografía del IGAC

Luego de los datos de entrada, empleamos ecuación sobre la teoría de kerpich como se puede apreciar a continuación luego de un remplazo sobre los valores conocidos:

Ecuación:

$$Tc(min) = 0.02 \cdot 7800^{0.77} \cdot \left(\frac{1}{0.0085^{\,0.385}}\right)$$

Tiempo de concentración de la precipitación: 124.48 min

4.2 DATOS DE PRECIPITACION MAXIMA (mm):

En este capítulo se presenta como se obtienen los valores de precipitación máxima por hora (mm), se obtienen de un geo portal del instituto IGAC, donde nos presenta la estación más cercana al área de interés como podemos apreciar a continuación:

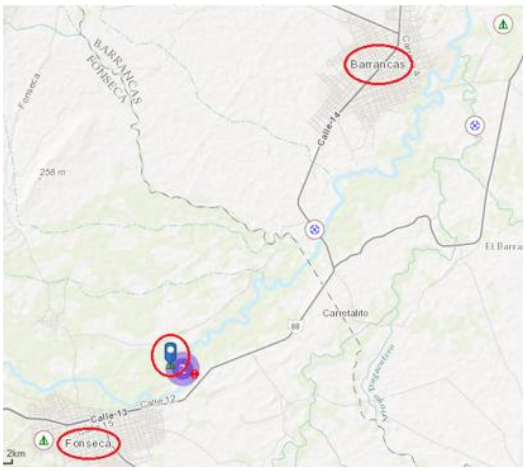


Ilustración 1.2 Tramo completo del proyecto y estación de estudio hidrológico.

Fuente: Geoportal del IGAC

Obteniendo la ubicación de la estación por la cual obtenemos datos de población respecto a caudal, tiempos de concentración y valores de intensidad de la lluvia, la estación conejo nos puede suministrar los siguientes datos de confiabilidad para definir el comportamiento del flujo:

Tabla 1.1. Datos de la estación hidrológica Conejo

Referencia Estación:	CONEJO EL [15060150]	
Año	anual	P MAX hora (mm)
2001	688.4	57.37
2002	448.6	37.38
2003	987.4	82.28
2004	410.5	34.21
2005	420.6	35.05
2006	459.7	38.31
2007	913.9	76.16
2008	495.7	41.31
2009	221.2	18.43
2010	900.4	75.03
2011	1213.7	101.14
2012	700	58.33
2013	696.4	58.03
2014	1188	99.00
2015	544	45.33
2016	1187	98.92
2017	1560	130.00
2018	1304	108.67

Fuente: IGAC

A partir de los datos directos de la estación se deduce el valor promedio X y desviación estándar:

X (mm)	796.64	66.39
Sx (mm)	377.5	31.5

Ilustración 1.3 Calculos de la frecuencia y Pmax de la precipitación

X (mm)	796.64	66.39		Yn	0.52522
Sx (mm)	377.5	31.5		Gn	1.06938
Tr	Frecuencia: F = 1/Tr	Y	K	P max = M (mm)	
2	0.5	0.367	-0.15	61.72	
3	0.333333333	0.903	0.35	77.49	
5	0.2	1.500	0.91	95.06	
10	0.1	2.250	1.61	117.13	
20	0.05	2.970	2.29	138.31	
25	0.04	3.199	2.50	145.02	

Fuente: Propia.

Utilizando los datos anteriores deducimos el valor de intensidad en unidades de mm/h por un Tr de 5 años a una duración de 1 dia como las solicitadas inicialmente para nuestra vía, lo podemos apreciar a continuación:

Tabla 2.2. Valores de intensidad, Tr y duración

Duración (min)	Intensidad (mm/h)					
	Tr (años)					
	2	3	5	10	20	25
5	151.42	169.36	**193.41**	230.03	272.41	287.48
10	107.07	119.76	**136.76**	162.66	192.63	203.28
50	47.88	53.56	**61.16**	72.74	86.14	90.91
100	33.86	37.87	**43.25**	51.44	60.91	64.28
150	27.65	30.92	**35.31**	42.00	49.74	52.49
200	23.94	26.78	**30.58**	36.37	43.07	45.45
300	19.55	21.86	**24.97**	29.70	35.17	37.11
380	17.37	19.43	**22.19**	26.39	31.25	32.98
400	16.93	18.93	**21.62**	25.72	30.46	32.14
600	13.82	15.46	**17.66**	21.00	24.87	26.24
800	11.97	13.39	**15.29**	18.19	21.54	22.73
1000	10.71	11.98	**13.68**	16.27	19.26	20.33
1200	9.77	10.93	**12.48**	14.85	17.58	18.56
1300	9.39	10.50	**12.00**	14.27	16.89	17.83
1400	9.05	10.12	**11.56**	13.75	16.28	17.18
1440	8.92	9.98	**11.40**	13.55	16.05	16.94

Fuente: Propia.

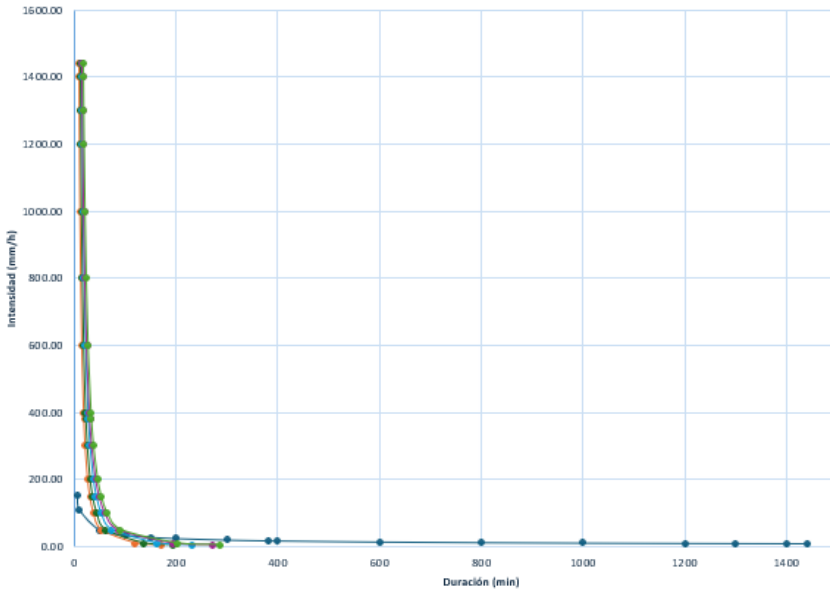
Obteniendo el valor de intensidad y duración, se puede representar los datos en una gráfica conocida como las curvas IDF para demostrar el comportamiento de la precipitación en la duración solicitada que en este caso es drenar una escorrentía en el tiempo de drenaje solicitado el cual es de 1 día equivalente a 1440 minutos, por una clasificación de calidad de drenaje m, lo cual significa bueno.

Tabla 3.3. Datos de intensidad y duración por Tr a 5 años

Datos para un Tr a 5 Años	
I (mm/h)	Duración (min)
193.41	5
136.76	10
61.16	50
43.25	100
35.31	150
30.58	200
24.97	300
22.19	380
21.62	400
17.66	600
15.29	800
13.68	1000
12.48	1200
12.00	1300
11.56	1400
11.40	1440

Fuente: Propia.

Ilustración 1.4 Curvas IDF de intensidad Vs duración en el proyecto (Tr 5 años)



Fuente: Propia.

Por último, sabemos que el tiempo obtenido de concentración por precipitación debemos utilizarlo en porcentaje de tiempo por lo que basándonos en una intensidad de 11.40 mm/h a una duración de 1440 minutos, el porcentaje de tiempo es de 8.64%, este dato se utiliza en la tabla a continuación para obtener

el valor de m1 el cual se deduce por una interpolación para emplear más adelante para el módulo de ivanov.

Table 2.4. Recommended m_i Values for Modifying Structural Layer Coefficients of Untreated Base and Subbase Materials in Flexible Pavements

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less Than 1%	1–5%	5–25%	Greater Than 25%
Excellent	1 40–1 35	1 35–1 30	1 30–1 20	1 20
Good	1 35–1 25	1 25–1 15	1 15–1 00	1 00
Fair	1 25–1 15	1 15–1 05	1 00–0 80	0 80
Poor	1 15–1 05	1 05–0 80	0 80–0 60	0 60
Very poor	1 05–0 95	0 95–0 75	0 75–0 40	0 40

Concluimos en este capítulo que el tiempo de concentración de la precipitación depende de la longitud máxima y pendiente que recorre el agua hasta su salida para una cuenca de estudio, sin embargo, aplicamos esta teoría a nuestra vía de diseño considerando una menor cantidad de irregularidades que se pueden apreciar en una cuenca por lo que fue el método más razonable de aplicación a diferencia de otros teoremas para deducir el porcentaje de tiempo de concentración.

5. TRANSITO DE DISEÑO

Para definir el tránsito de Diseño, se toman los datos reportados por el INVIAS, en la serie histórica de tránsito promedio diario, donde se reportan los TPD's desde el año 1997 hasta el año 2018, de igual forma específica que porcentajes de estos TPD's corresponden a autos, buses y camiones.

Tabla 4. Serie histórica TPD's estación 608

SERIE HISTÓRICA Y COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO		
AÑO	TPD	A-B-C
1997	3544	82-7-11
1998	3678	81-8-11
1999	4303	84-6-10
2000	4348	84-5-11
2001	4059	85-5-10
2002	4256	86-4-10
2003	4277	88-3-9
2004	4442	86-5-9
2005	4567	85-7-8
2006	4911	86-6-8
2007	5152	86-5-9
2008	6258	87-6-7
2009	6863	86-7-7
2010	6840	87-5-8
2011	6743	87-4-9
2012	6060	88-2-10
2013	6390	82-6-12
2014	6620	85-6-9
2015	5497	85-5-10
2016	7492	87-6-7
2017	7446	88-4-8

Fuente: INVIAS

Con base en estos porcentajes se determinan TPD´s para autos, buses y camiones, con los que se hará un análisis estadístico para determinar sus respectivas tasas de crecimiento

5.1 TASA DE CRECIMIENTO AUTOS

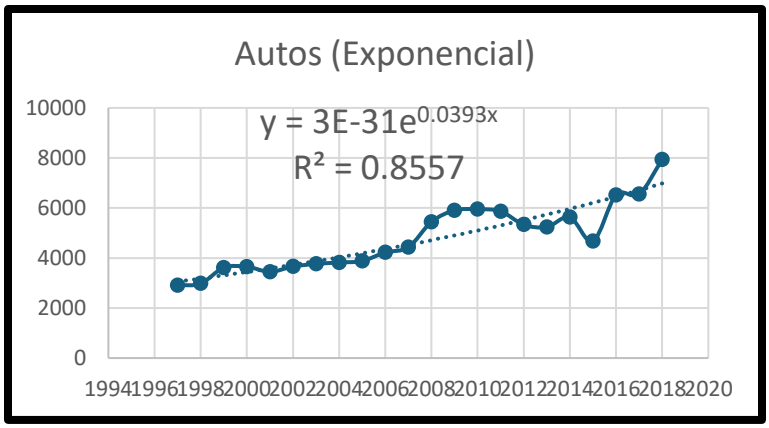
Tabla 5. Serie histórica TPD's Autos estación 608

AÑO	AUTOMOVILES
1997	2906.08
1998	2979.18
1999	3614.52
2000	3652.32
2001	3450.15
2002	3660.16
2003	3763.76
2004	3820.12
2005	3881.95
2006	4223.46
2007	4430.72
2008	5444.46
2009	5902.18
2010	5950.8
2011	5866.41
2012	5332.8
2013	5239.8
2014	5627
2015	4672.45
2016	6518.04
2017	6552.48
2018	7931.56

Fuente: Propia

Al graficar estos datos se obtienen 3 tendencias, lineal, exponencial y logarítmica, con las cuales se obtiene un R^2 para cada una, al compararlos se decide trabajar con el valor que se encuentre más cerca 0.8, en este caso es con la tendencia exponencial, con la que se tiene un R^2 de 0.814, la cual no necesita de ningún tipo de suavización en los datos.

Ilustración 3. Tendencia exponencial para autos



Fuente: Propia

Al graficar estos datos vemos que el valor de R^2 es mayor a 0.8, por lo tanto, los datos son adecuados

A continuación, se obtiene la tasa de crecimiento mediante la tendencia exponencial

Ecuación 1. Despeje tasa de crecimiento exponencial

$$TPD = a * e^{Año*b}$$
$$\ln(TPD) = \ln(a * e^{Año*b})$$
$$\ln(TPD) = \ln(a) + Año * b$$
$$b = \frac{\ln(TPD) - \ln(a)}{Año}$$

AÑO	BUSES
1997	248.08
1998	294.24
1999	258.18
2000	217.4
2001	202.95
2002	170.24
2003	128.31
2004	222.1
2005	319.69
2006	294.66
2007	257.6
2008	375.48
2009	480.41
2010	342
2011	269.72
2012	121.2
2013	383.4
2014	397.2
2015	274.85

2016	449.52
2017	297.84
2018	348.64

Ecuación 2. Tasa de crecimiento autos

$$b = \frac{\ln(7932) - \ln(1.69)}{2018} = 0.19\%$$

5.2 TASA DE CRECIMIENTO BUSES

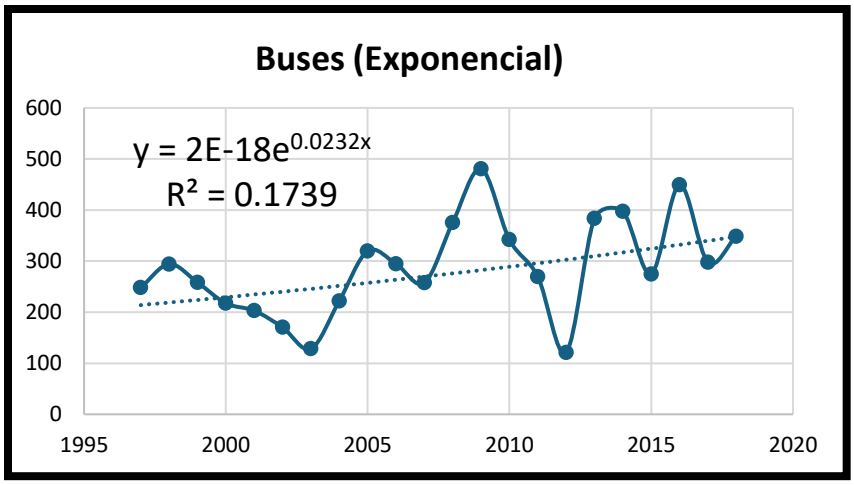
Tabla 6. Serie histórica TPD's Buses estación 608

AÑO	BUSES
1997	248.08
1998	294.24
1999	258.18
2000	217.4
2001	202.95
2002	170.24
2003	128.31
2004	222.1
2005	319.69
2006	294.66
2007	257.6
2008	375.48
2009	480.41
2010	342
2011	269.72
2012	121.2
2013	383.4
2014	397.2
2015	274.85
2016	449.52
2017	297.84
2018	348.64

Fuente: Propia

Al graficar estos datos se obtienen 3 tendencias, lineal, exponencial y logarítmica, con las cuales se obtiene un R^2 para cada una, al compararlos se decide trabajar con el valor que se encuentre más cerca 0.8, en este caso es con la tendencia lineal, con la que se tiene un R^2 de 0.1739

Ilustración 4. Tendencia Exponencial para buses



Fuente: Propia

El método de estimación escogido fue suavización exponencial doble, el cual consiste en aplicar una serie de 3 formulas, tomando como base que $S_1 = x_1$ y que $b_1 = x_1 - x_0$

Ecuación 6. Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t

St= ∝xt+(1−∝) (St−1+bt−1)

Ecuación 7. Tendencia suavizada para el periodo t

bt=β(st−st−1) +(1−β) bt−1

Ecuación 8. Pronóstico de demanda con tendencia

Ft=st+btFt=st+bt

Donde,

α y β, son constantes de suavización, cuyo valor se encuentra entre 0 y 1

Al aplicar estas fórmulas se obtienen los siguientes resultados

Tabla 4. Constantes de suavización para Buses

Alfa	0.8
Beta	0.0486

Fuente: Propia

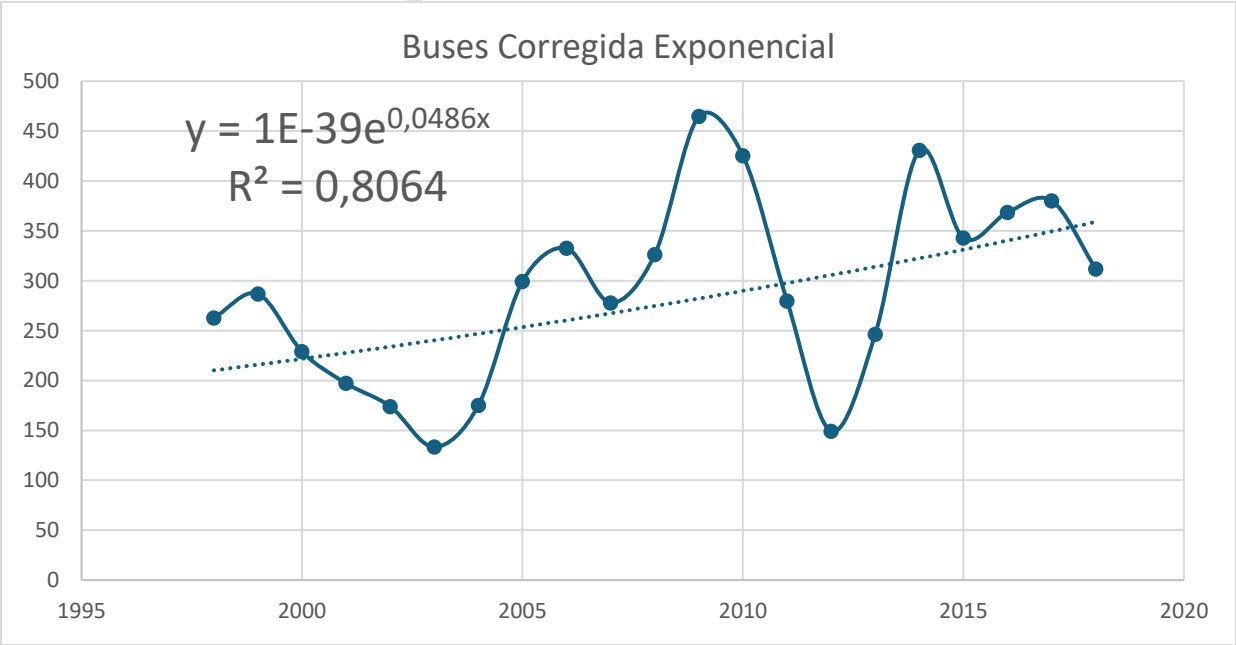
Tabla 5. Suavización exponencial doble para Buses

Suavización Exponencial Doble Buses							
Año	**Cantidad**	**St**	**S't**	**At**	**Tt**	P	Ftp
1997	248	248	248	248	0		
1998	294	285	278	292	30	1	263
1999	258	264	266	261	-11	1	287
2000	217	227	235	219	-32	1	229
2001	203	208	213	202	-22	1	197
2002	170	178	185	171	-28	1	174
2003	128	138	148	129	-37	1	133
2004	222	205	194	217	46	1	175
2005	320	297	276	317	82	1	299
2006	295	295	291	299	15	1	333
2007	258	265	270	260	-21	1	278
2008	375	353	337	370	66	1	326
2009	480	455	431	479	95	1	465
2010	342	365	378	351	-53	1	425
2011	270	289	307	271	-71	1	280
2012	121	155	185	124	-121	1	149
2013	383	338	307	368	122	1	246
2014	397	385	370	401	63	1	431
2015	275	297	311	282	-58	1	343
2016	450	419	397	441	86	1	368
2017	298	322	337	307	-60	1	380
2018	349	343	342	345	5	1	312

Fuente: Propia

Al graficar estos datos vemos que el valor de R^2 es mayor a 0.8, por lo tanto, los datos son adecuados

Ilustración 4. Tendencia exponencial corregida para Buses



Fuente: Propia

A continuación, se obtiene la tasa de crecimiento mediante la tendencia exponencial

Ecuación. Despeje tasa de crecimiento exponencial

$$TPD = a * e^{Año*b}$$

$$\ln(TPD) = \ln(a * e^{Año*b})$$

$$\ln(TPD) = \ln(a) + Año * b$$

$$b = \frac{\ln(TPD) - \ln(a)}{Año}$$

Ecuación 9. Tasa de crecimiento Buses

$$b = \frac{\ln(310) - \ln(1)}{2018} = 0.28\%$$

5.3 TASA DE CRECIMIENTO CAMIONES

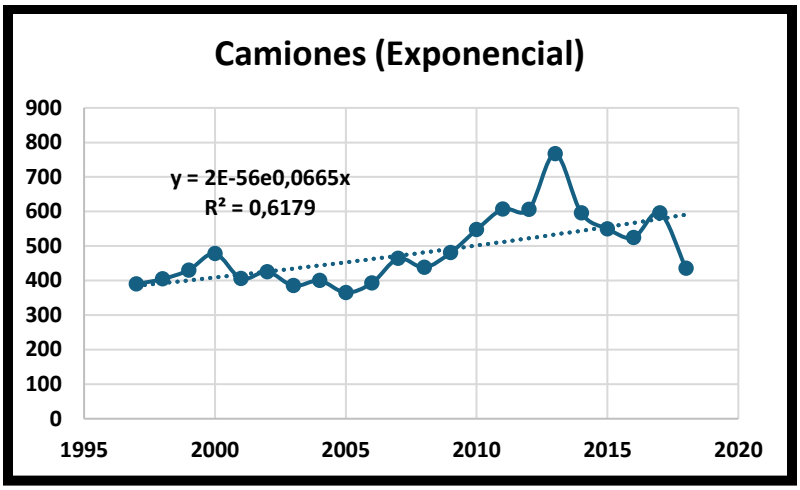
Tabla 6. Serie histórica TPD's Camiones estación 608

Camiones	
Año	**TPD corregido**
1998	390
1999	396
2000	413
2001	438
2002	430
2003	430
2004	416
2005	409
2006	393
2007	395
2008	420
2009	431
2010	455
2011	499
2012	550
2013	591
2014	669
2015	659
2016	633
2017	607
2018	609

Fuente: Propia

Al graficar estos datos se obtienen 3 tendencias, lineal, exponencial y logarítmica, con las cuales se obtiene un R^2 para cada una, al compararlos se decide trabajar con el valor que se encuentre más cerca 0.8, en este caso es con la tendencia exponencial, con la que se tiene un R^2 de 0.6179

Ilustración 5. Tendencia exponencial para camiones



Fuente: Propia

Se aplica el mismo método que en autos y se obtienen los siguientes resultados

Tabla 7. Constantes de suavización para camiones

Alfa	0.2
Beta	0.0654

Fuente: Propia

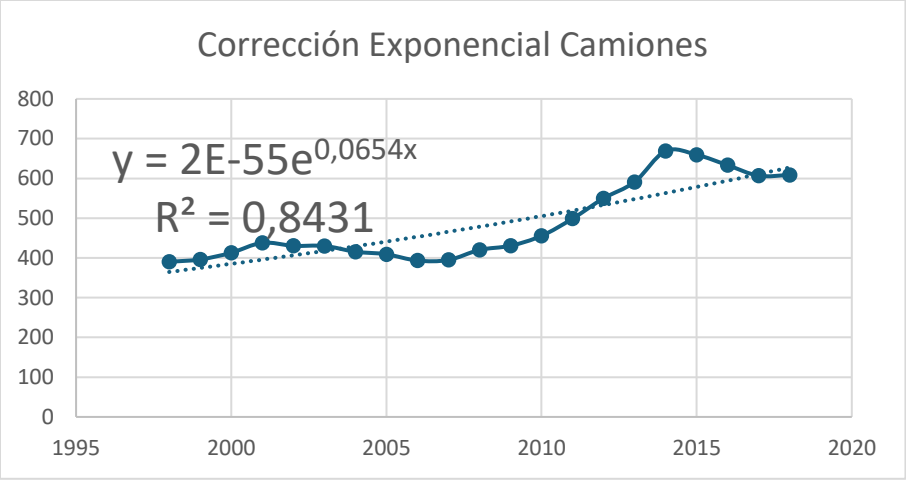
Tabla 8. Suavización exponencial doble para camiones

Suavización Exponencial Doble Camiones							
Año	**Cantidad**	**St**	**S't**	**At**	**Tt**	P	Ftp
1997	390	390	390	390	0		
1998	405	393	390	395	1	1	390
1999	430	400	392	408	2	1	396
2000	478	416	397	435	5	1	413
2001	406	414	400	427	3	1	438
2002	426	416	404	429	3	1	430
2003	385	410	405	415	1	1	430
2004	400	408	405	410	1	1	416
2005	365	399	404	395	-1	1	409
2006	393	398	403	393	-1	1	393
2007	464	411	405	418	2	1	395
2008	438	417	407	426	2	1	420
2009	480	429	412	447	4	1	431
2010	547	453	420	486	8	1	455
2011	607	484	433	535	13	1	499
2012	606	508	448	569	15	1	550
2013	767	560	470	650	22	1	591
2014	596	567	490	645	19	1	669
2015	550	564	504	623	15	1	659
2016	524	556	515	597	10	1	633
2017	596	564	524	603	10	1	607
2018	436	538	527	549	3	2	609

Fuente: Propia

Al graficar estos datos vemos que el valor de R^2 es mayor a 0.8, por lo tanto, los datos son adecuados

Ilustración 6. Tendencia exponencial corregida para camiones



Fuente: Propia

Aplicando el mismo despeje de la Ecuación 1, se obtiene la tasa de crecimiento para camiones

Ecuación 10. Tasa de crecimiento camiones

$$b = \frac{\ln(609) - \ln(2E - 55)}{2018} = 2.21\%$$

5.4 FACTOR CAMIÓN

Para realizar el cálculo del factor camión se deben tener en cuenta los camiones que circulan por el corredor vial, clasificados por cantidad de ejes, estos datos se obtienen en la Galería de Volúmenes de Transito del INVIAS

Ilustración 7. Tipo de camiones estación 608

Código Vía	
Estación	608
Territorial	GUAJIRA
Sector	FONSECA-BARRANCAS
Conteo total	8.716
% automóviles	91
% buses	4
% camiones	5,07
Total Camiones	442,00
C 3	18
C 4	18
C 5	9
C 6	69
C 7	69

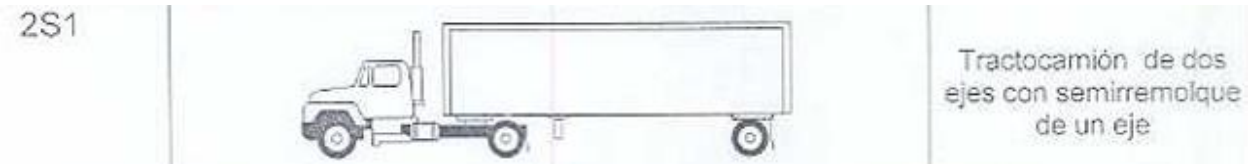
Fuente: INVIAS

5.4.1 CLASIFICACIONES DE LOS VEHICULOS

En este capítulo se presenta los tipos de camiones seleccionados para los cálculos de factor camión respecto al número de repeticiones por eje, para una condición de mayor capacidad de carga o vehículo que genera mayor daño por categoría, elegimos los siguientes vehículos en base a la resolución 4100 del 2004 del ministerio de transporte:

- Vehículo de clasificación C3:

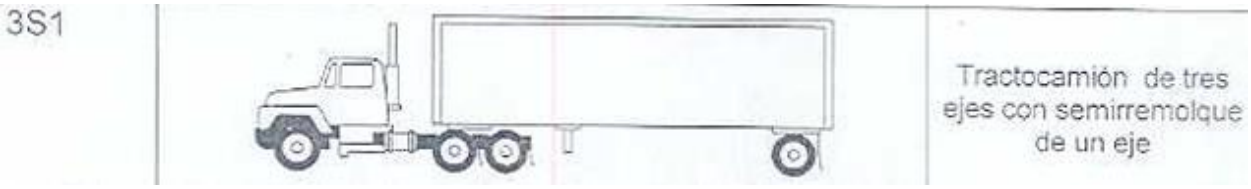
Ilustración 8. Vehículos C3



Clasificación C2S1, tractocamión de dos ejes con semirremolque de un eje.

- Vehículo de clasificación C4:

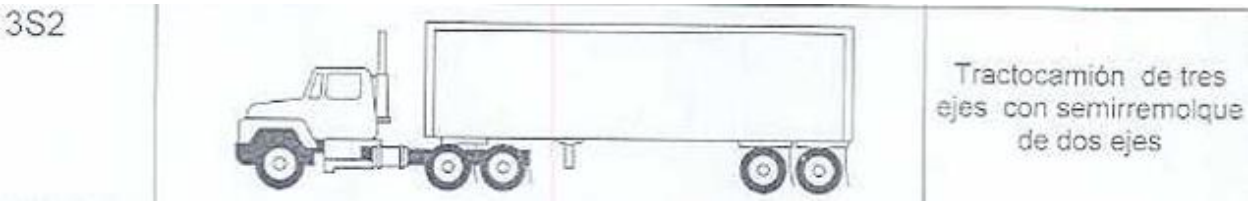
lustración 9. Vehículos C4



Clasificación C3S1, tractocamión de tres ejes con semirremolque de un eje.

- Vehículo de clasificación C5:

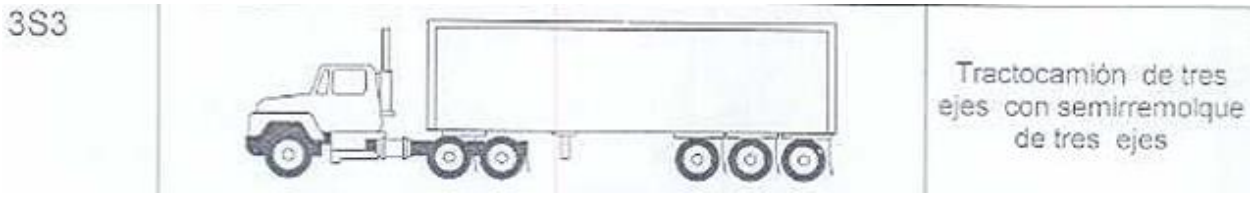
lustración 10. Vehículos C5



Clasificación C3S2, tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes.

- Vehículo de clasificación C6:

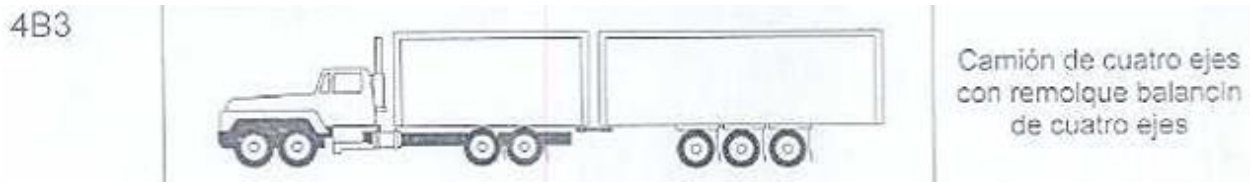
lustración 11. Vehículos C6



Clasificación C3S3, tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes.

- Vehículo de clasificación C7:

lustración 12. Vehículos C7



Clasificacion 4B3, camión de cuatro ejes con remolque balancín de cuatro ejes.

Teniendo estos datos y con base a los pesos máximos por eje y las cargas de referencia establecidas en la resolución 4100 del 2024 se calcula el factor de equivalencia de carga (FECE) para cada clasificación de camiones, hay que tener en cuenta que por cada clasificación puede haber más de 1 tipo de camión, en este caso se debe elegir el tipo de camión que tenga un mayor FECE para este diseño.

Tabla 7. Peso máximo por eje con base en el tipo de eje

Peso máximo por eje		
Tipo de Eje	# llantas	Peso (t)
Sencillo	2	6
	4	11
Tándem	4	11
	6	17
	8	22
Trídem	6	16.5
	8	18
	10	21.5
	12	24

Fuente: Propia

Tabla 8. Cargas de referencia

Cargas de referencia (Toneladas)

Eje simple direccional	6.6
Eje simple no direccional	8.2
Eje Tándem	15
Eje Trídem	23

Fuente: Propia

A continuación, se muestran los cálculos de FECE realizados para cada tipo de camión con la siguiente ecuación

$$FECE = \left(\frac{P_i}{P_r}\right) n$$

Donde,

Pi: Carga máxima por eje

Pr: Carga de referencia por eje

n: Coeficiente empírico = 4.01

- C3

Tabla 9. FECE para C3

C3					
Tipo de eje	Peso	# ejes	n	FECE	# ejes equivalentes (8,2t)
Simple direccional	6	18	4	0.68	12
Tandem	22	18		4.63	83
Ejes equivalentes de 80 Kn					96

C2S1					
Tipo de eje	Peso	# ejes	n	FECE	# ejes equivalentes (8,2t)
Simple direccional	6	18	4	0.68	12
Simple no direccional	11	18		6.48	117
Ejes equivalentes de 80 Kn					129

Fuente: Propia

- C4

Tabla 10. FECE para C4

C4					
4					
Tipo de eje	Peso	# ejes	n	FECE	# ejes equivalentes (8,2t)
Simple direccional	6	18	4	0.68	12
Simple no direccional	11	18		3.24	58
Tandem	22	18		0.84	15
Ejes equivalentes de 80 Kn					86

C3S1					
Tipo de eje	Peso	# ejes	n	FECE	# ejes equivalentes (8,2t)
Simple direccional	6	18	4	0.68	12
Simple no direccional	11	18		3.24	58
Tandem	22	18		0.84	15
Ejes equivalentes de 80 Kn					86

Fuente: Propia

- C5

Tabla 11. FECE para C5

C5					
C2S3					
Tipo de eje	Peso	# ejes	n	FECE	# ejes equivalentes (8,2t)
Simple direccional	6	9	4	0.68	6
Simple no direccional	11	9		3.24	29
Tridem	24	9		1.19	11
Ejes equivalentes de 80 Kn					46

C3S2					
Tipo de eje	Peso	# ejes	n	FECE	# ejes equivalentes (8,2t)
Simple direccional	6	9	4	0.68	6
Tandem	22	9		4.63	42
Ejes equivalentes de 80 Kn					48

Fuente: Propia

- C6

Tabla 12. FECE para C6

C6					
C3S3					
Tipo de eje	Peso	# ejes	n	FECE	# ejes equivalentes (8,2t)
Simple direccional	6	69	4	0.68	47
Tandem	22	69		4.63	319
Tridem	24	69		1.19	82
Ejes equivalentes de 80 Kn					449

C7					
4B3					
Tipo de eje	Peso	# ejes	n	FECE	# ejes equivalentes (8,2t)
Simple direccional	6	69	4	0.68	47
Simple no direccional	11	69		3.24	223
Tandem	22	69		6.55	452
Tridem	24	69		1.19	452
Ejes equivalentes de 80 Kn					1175

Fuente: Propia

Sabiendo con que tipos de camiones se va a trabajar se procede a calcular el Factor Camión con la siguiente ecuación

$$FC = \frac{Ejes\ equivalente\ de\ 80\ kN}{Total\ de\ camiones\ pesados}$$

Tabla 13. Factor Camión

TIPO DE EJE	PESO (Ton)	EJES TOTALES	FECE (AASHTO)	NÚMERO DE EJES
Simple direccional	6	532	0.683	363.36
Simple no direccional	11	132	3.238	427.45
Tándem	22	201	4.627	930.08
Tridem	24	147	1.186	174.28
Ejes equivalentes de 8,2 Ton para todos los ejes pesados				1895.18
Total de vehiculos (B+C)				791.00
FACTOR CAMIÓN (FC)				**2.40**

Fuente: Propia

5.5 NESE

Para determinar el nivel de tránsito es necesario calcular el número de aplicaciones de carga del eje de referencia en el carril de diseño durante el ano "i" (NESEi), el cual se calcula con la siguiente ecuación

$$NESEi = TPDi * VC * DD * DC * FC * 365$$

Donde,

NESEi: Numero de aplicaciones de carga del eje de referencia en el carril de diseño durante el ano "i"

TPDi: Transito promedio diario en ambas direcciones, durante el ano "i"

VC = Proporción del TPD que está constituido por vehículos comerciales (en cifras decimales)

DD: Distribución direccional del tránsito de vehículos comerciales (en cifras decimales)

DC = Proporción de los vehículos comerciales circulantes en una dirección, que utilizan el carril de diseño (en cifras decimales)

FC: Factor camión

Esta ecuación se aplica para autos, buses y camiones, luego estos tres resultados se suman y se obtiene el NESE total

Inicialmente se toman las tasas de crecimiento y con estas se calcula el factor de crecimiento para cada tipo de vehículo, para esto se usan dos ecuaciones, una lineal y una exponencial, para autos y camiones se usa la exponencial, ya que se trabajó con una tendencia exponencial, y para buses se usa la lineal, ya que se trabajó con una tendencia lineal

$$C_{exponencial} = \frac{(1+i)^n - 1}{\ln(1+i)}$$

$$C_{lineal} = n + \frac{i * n^2}{2}$$

Donde,

i: Tasa de crecimiento

Se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 14. Tasas de crecimiento

Tasas de crecimiento	**i A**	0.19%
	i B	0.28%
	i C	2.21%
n (años)		20

Fuente: Propia

Tabla 15 Factor de crecimiento

Factor de Crecimiento (C)	C A	20.39
	C B	20.58
	C C	25.08

Fuente: Propia

A continuación, se definen las demás variables de la ecuación

Tabla 16. Datos de entrada para el NESE

Datos de entrada		
FC	2.4	
Distribución Direccional (DD)	0.55	
Distribución por carril (DC)	1.0	
TPD A	7932	Datos de INVIAS
TPD B	349	
TPD C	442	

Fuente: Propia

Se define un periodo de diseño de 12 años, se toma DC como 1 ya que solo hay un carril por dirección y se toma DD como 0.55, valor que establece el INVIAS si no se tiene información segura. Con todos los datos definidos se procede al cálculo de los NESE para cada tipo de vehículo y del NESE total

Tabla 17. Numero de ejes equivalente de 80 kN

NESEA	77,776,752	
NESEB	3,454,500	
NESEC	5,331,206	
NESEi	86,562,457	**NT3**
	8.66E+07	

Fuente: Propia

Al saber el NESE total se puede definir que el tipo de tránsito con el que se está trabajando es NT3, según lo establece la tabla 100-1 de las especificaciones del INVIAS

Tabla 100 – 1. Niveles de Tránsito

Nivel de tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño (N_{80kN}) (millones)
NT1	$N_{80kN} \leq 0,5$
NT2	$0,5 < N_{80kN} \leq 5,0$
NT3	$N_{80kN} > 5,0$

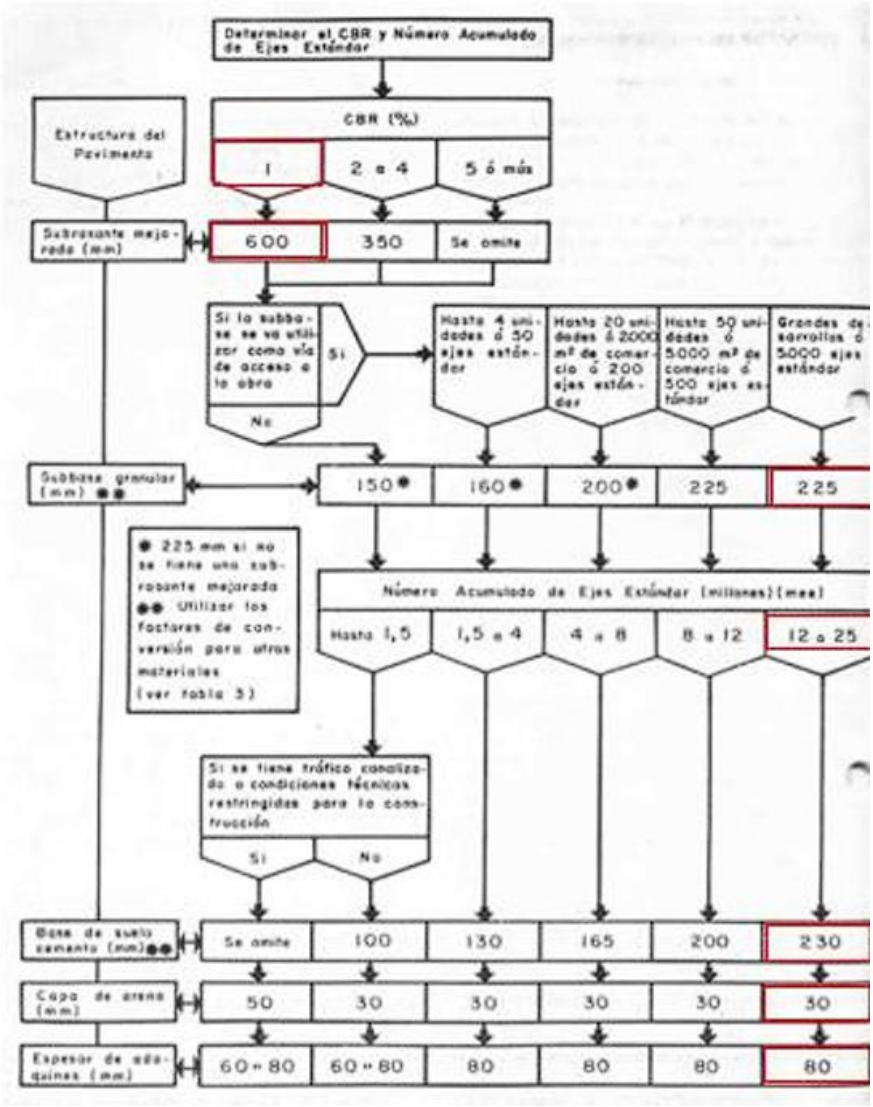
Ilustración 5. Tabla 100-1 Especificaciones técnicas del INVIAS
Fuente: Propia

5.6 TRÁNSITO PAVIMENTO ARTICULADO

La base para la creación de pavimento articulado es la información de tránsito de la Estación 608 de INVIAS en la ruta Barrancas-Fonseca. Las tasas de expansión de vehículos, autobuses y camiones se derivan de las previsiones iniciales para el pavimento flexible. Asimismo, para la determinación del factor camión. La estimación del número total de ejes de 8 ton (NESEi) varía dependiendo del periodo de diseño (20 años), y, por ende, del factor de crecimiento para el diseño del pavimento articulado.

5.7 Diseño de pavimento articulado

Ilustración 12 Diseño de Pavimentos articulado



5.7.1 Datos de entrada

Se propone un diseño de adoquines de forma rectangular de tamaño de 100m x 200mm, y se selecciona un patrón de adoquines según Invias.

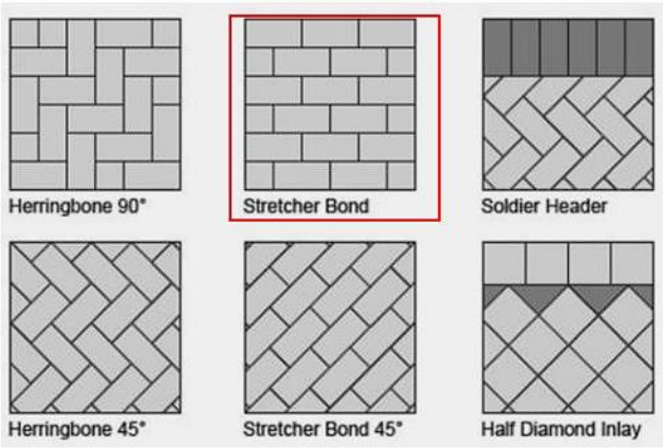


Ilustración 13 Diseño Seleccionado de adoquines en concreto

En la siguiente tabla se muestra las dimensiones en cm de la estructura del diagrama de flujo para la metodología de diseño, y se demuestra las dimensiones de los adoquines y las cantidades por metro2

Tabla 18 Datos de entrada de metodología de Diseño

ADOQUINES EN HORMIGON (cm)	CAPA ARENA (cm)	BASE GRANULAR (cm)	SUBBASE GRANULAR (cm)	SUBRASANTE ESTABILIZADA (cm)
8	3	23	22.5	60

Número de adoquines por m2			
L (m)	B (m)	Junta Horizontal y Vertical (m)	Número de adoquines
0.2	0.1	0.005	46.5

Fuente. 1 Propia

5.7.2 Cálculos

En las siguientes tablas se van a mostrar los cálculos de las cantidades totales de los materiales que se van a utilizar en la vía Fonseca-barrancas y la especificación de calidad la cual nos indica la norma Invias.

Cantidad de adoquines

En la siguiente tabla se realiza la cantidad total de adoquines la cual se van a utilizar de Fonseca - barrancas la cual tiene una longitud de 7.8 km y un ancho de losa de 3.65 m2 por carril, **se determina colocar una cinta de concreto cada 4m de 10cm de ancho y una longitud de 7.3m, y nos bordillos de 20cm para el confinamiento de los adoquines.**

Tabla 19 Cantidad de adoquines en la vía

Número total de adoquines para la via			
Longitud vía	Ancho de vía	Total de Adoquines necesarios en la via	Area total (m2)
7800	6.5	2,355,401	50700

Fuente. 2 Propia

Arena de sello

La arena de sello se emplea como lo indica la norma Invias 2017 debe ser una arena aluvial, sin trituración, libre de polvo, materia orgánica y cualquier sustancia contaminante.

Ilustración 14 Arena de sello

Tabla 510 — 3. Requisitos de calidad de la arena para la capa de soporte y para el sello de juntas de los adoquines

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-245	8
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio, máximo (%).	E-220	7
Geometría de las partículas (F)		
Partículas subangulares y subredondeadas combinadas, mínimo (%).	E-102	60
Limpieza (F)		
Índice de plasticidad.	E-125 y E-126	NP
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	60

En la siguiente tabla se quiere mostrar las cantidades totales de sello que se necesita por m3 en los adoquines

Tabla 20 Cantidad de arena de sello

Candidates		
Sello por unidad de ladrillo (m3/ladrillo)	Sello por (m3/m2)	Sello total de secciones (m3)
0.00006	0.002787456	6565.58

Arena de Drenaje

Es una arena sálica que evita las acumulaciones y el deterioro de la base y subbase, se coloca antes de los adoquines

ARENA DE LECHO									
Area 1	a	b	2.5%=1.432°	c2	c	Semiperimetro	Area (m2)	Area total arena (m2)	Volumen total arena
0.32	0.03	0.015	91.432	0.001147491	0.033874643	0.039437322	0.00022493	0.640	4,996

Base Granular

Esta es una capa la cual se conforma de piedra, grava, arena y suelo

BASE GRANULAR									
Area 1	a	b	2.5%=1.432°	c2	c	Semiperimetro	Area (m2)	Area total (m2)	Volumen total (m3)
1.84	0.23	0.115	91.432	0.067446998	0.259705599	0.302352799	0.01322087	3.706	28,910

Subbase granular

SUBBASE GRANULAR									
Area 1	a	b	2.5%=1.432°	c2	c	Semiperimetro	Area (m2)	Area total (m2)	Volumen total (m3)
1.8	0.225	0.1125	91.432	0.064546395	0.254059825	0.295779913	0.012652297	3.625	28,277

Subrasante estabilizada

SUBRASANTE ESTABILIZADA									
Area 1	a	b	2.5%=1.432°	c2	c	Semiperimetro	Area (m2)	Area total (m2)	Volumen total (m3)
2.8	0.35	0.175	91.432	0.156186338	0.395204172	0.460102086	0.030615435	5.661	44,158

Acero

Se presenta la cantidad acero que se necesita para la construcción de vigas transversales y longitudinales

			Acero		
	Número	Concreto m3	Numero barillas	Medida	Cantidad total
VIGAS LATERALES	8	2496	4	1/2"	20800
VIGAS TRANSVERSALES	1951	312.16	2	1/2"	2114

Berma

La vía tiene una berma de 1.5 m de ancho y una longitud de 7.8 km, que debe cumplir con una especificación según el Invias de 21 Mpa de resistencia a los 28d y un espesor mínimo de 10cm y se debe dejar una junta cada 3 m con una abertura la cual debe ser (15 mm- 20 mm).

Concreto de berma de 21 Mpa				
Longitud (m)	Ancho(m)	Espesor (m)	Volumen (m3)	Cantidad total de concreto m2
7800	1.5	0.2	2340	23400.0

Cantidades totales con presupuesto

Cantidades totales					
Material	Unidades	Cantidad	Unidades	UNITARIO	Presupuesto
Ladrillos	Unidades	2,355,400.70	m2	$ 1,100.00	$2,590,940,766.55
ARENA DE LECHO	m3	4,995.51	m3	$ 38,777.00	$193,710,848.76
BASE GRANULAR	m3	28,910.25	m3	$ 63,970.00	$1,849,388,408.92
SUBBASE GRANULAR	m3	28,286.25	m3	$ 52,515.00	$1,485,452,185.95
SUBRASANTE ESTABILIZADA	m3	44,157.60	m3	$ 52,515.00	$2,318,936,405.65
Sello de juntas	m3	6,565.58	kg	$ 26,958.00	$176,994,820.87
Varillas de 1/2"	m	22914	m	$ 4,700.00	$107,693,841.67
Concreto 21 Mpa	m3	2340	m3	$631,265.00	$1,477,160,100.00
			TOTAL		$10,200,277,378.37

En conclusión, se presenta una tabla con las cantidades totales y sus precios unitarios la cual demuestra a comparación de un pavimento rígido o flexible su presupuesto es mucho más económico.

Diagrama

Ilustración 15

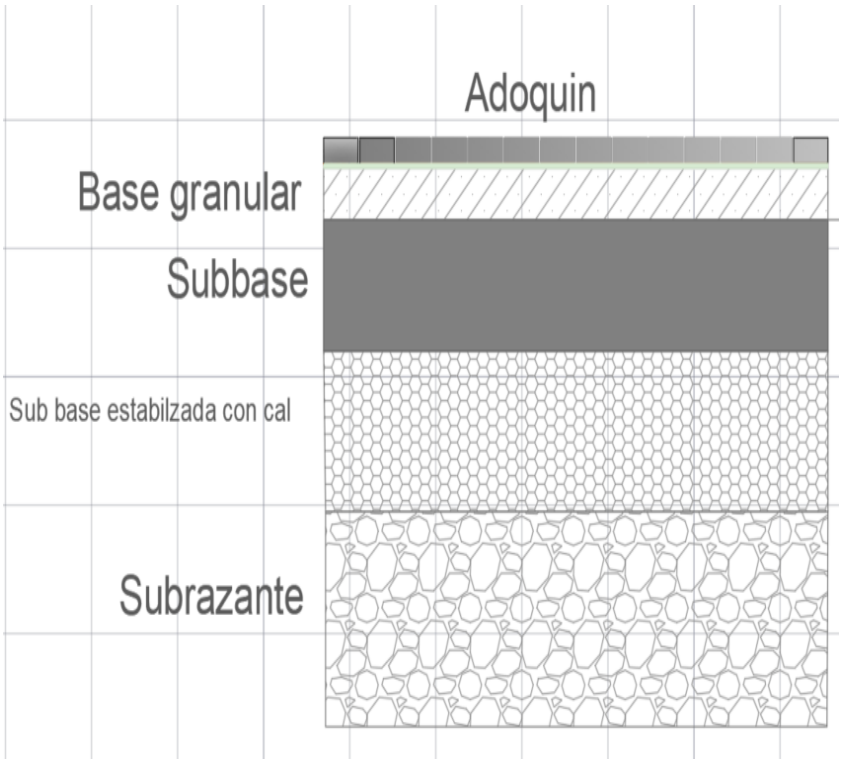


Ilustración 6

5.8 TRÁNSITO PAVIMENTO MECANICISTA

En este capítulo desarrollamos el cálculo para determinar el transito que se va a emplear en el método mecanicista, considerando la norma por el tipo de estructura y carga de referencia de 13 t definimos el CAM de la siguiente manera:

Ilustración 7.1 Tabla de norma sobre el tipo de estructura del pavimento

TIPO DE ESTRUCUTRA	α	k		
		E.Simple	E.Tandem	E.Tridem
Pavimento Flexibles	5	1	0.75	1.1
Pavimento Semi-rígido	8-12	1	12	1.1
Pavimento en Concreto				
Placas	>12	1	12	113
Concreto armado	>12	1	-	-

Datos de entrada:

Transito de diseño	86,488,557
Pavimento flexible	5
Carga de referencia (t)	13
Fc	7.4

Empleando la ecuación de CAM, obtenemos los siguientes resultados por tipo de vehículo:

CAM POR TIPO DE VEHICULO		
Autos	Carga	CAM
Simple direccional	1	
Simple no direccional	1	
Buses	Carga	CAM
Simple direccional	6	0.021
Simple no direccional	11	0.434
		0.455
C3	Carga	CAM
Simple direccional	6	0.021
Tamden 8 llantas	13	0.750
		0.771
C4	Carga	CAM
Simple direccional	6	0.021
Simple no direccional	11	0.434
Tandem 8 llantas	13	0.750
		1.205
C5	Carga	CAM
Simple direccional	6	0.021
Simple no direccional	11	0.434
Tridem 8 llantas	13	1.756
		2.211
C6	Carga	CAM
Simple direccional	6	0.021
Tandem	11	0.325
Tridem	13	1.100
		1.446
C7	Carga	CAM
Simple direccional	6	0.021
Simple no direccional	11	0.434
Tandem 8 llantes	13	0.750
Tridem 12 llantas	13	1.100
		2.305

Debemos aclarar que en la clasificación de los tipos de camiones que empleamos para este diseño también utilizamos los camiones clasificados en el capítulo 5.4.1 clasificaciones de los vehículos, como se puede apreciar tambien a continuación:

Tipo de camión	# camiones
C3(C2S1)	18
C4 (C3S1)	18
C5 (C3S2)	9
C6 (C3S3)	69
C7 (4B3)	69
Buses	349
	532

De esta forma ahora calculamos el valor CAM promedio y también es posible llevar a cabo el cálculo para obtener el valor NESEi y clasificar el tipo de tránsito como se puede apreciar a continuación:

Metodos mecanicistas			
Tipo de vehículo	**CAM por vehículo**	**Cantidad de vehículos**	**CAM**
Autos		0	0.00
Buses	0.45	349	158.69
C3 (C2S1)	0.77	18	13.88
C4 (C3S1)	1.20	18	21.68
C5 (C3S2)	2.21	9	19.90
C6 (C3S3)	1.45	69	99.79
C7 (4B3)	2.30	69	159.02
Sumatorial de CAM			472.96
Total de vehículos			532
CAM			0.89

El valor de CAM fue de 0.89 y es en función de la sumatoria total de CAM dividido por el total de vehículos, este valor siempre debe dar menor al factor camión por lo cual este resultado también nos garantiza que el cálculo se desarrolló de manera correcta, luego de este valor deducimos NESEi:

NESEA	28,832,306	
NESEB	1,281,822	
NESEC	1,978,189	
NESEi	32,092,316	**T5**
	3.21E+07	

Debemos aclarar que el cálculo de NESEi, también considera los valores de autos, buses y camiones respectivamente, cada uno de estos valores se deduce considerando otras variables adicionales que debemos mencionar como el factor de crecimiento de autos, buses y camiones, la distribución direccional DD y distribución por carril DC. También como apreciamos antes, obtenemos un valor por encima de 10x10^6 para el valor NESEi, lo que significa remitiéndonos a la norma que se puede clasificar un tipo de tránsito T5.

5.8 RESULTADOS DE LABORATORIO

En este cálculo vamos a presentar los datos obtenidos de valores admisibles por capa remitiéndonos a la norma que nos brinda ecuaciones en función de diferentes variables que debemos tener presentes para luego tomar cada uno de los datos admisibles y registraron en un software que nos ayudara a definir el espesor de nuestro diseño final de pavimento.

5.8.1 Calculo de admisibilidad de subrasante

En este capítulo calculamos la admisibilidad de la sub razante considerando la siguiente ecuación:

$0.012(NE)^{-0.222}$	Tráfico medio a pesado(T4-T5)
$0.016(NE)^{-0.222}$	Tráfico liviano (T0-T3)

Por una clasificación de tránsito T5, empleamos la ecuación de la imagen anterior y obtenemos el siguiente valor de admisibilidad:

		Sub.Razante
Valor Admisible	0.0002586784	2.587E-06

Como apreciamos antes, ese es el valor de admisibilidad de la sub razante y la representamos en cifras científicas para leer mejor la admisibilidad cuando se utilice el software.

5.8.2 Calculo de admisibilidad de sub razante estabilizada

En este capítulo calculamos la admisibilidad de la sub razante considerando la siguiente ecuación:

$$\sigma_{t,adm} = \sigma_6 * \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b$$

Los datos de entrada para emplear la norma los podemos apreciar a continuación:

Datos de entrada	
σ6 Mpa	0.6
b (pendiente)	-0.08
Transito (NE)	T5
32,092,316	

Valor de admisibilidad empleando la ecuación anterior:

		Sub.Razante Estabilizada
Valor Admisible	0.454610189	4.546E-06

5.8.3 Calculo de admisibilidad de base y subbase

En este capítulo llevamos a cabo el cálculo de la admisibilidad de estas dos capas, sin embargo, el valor de admisibilidad es el mismo para ambas por lo cual solo deducimos un valor como se puede apreciar a continuación:

Empleamos la ecuación:

5.SUELOS GNT Y GRH

$$\varepsilon_{z,adm} = A*(NE)^{-0.222}$$

$0.012(NE)^{-0.222}$	Tráfico medio a pesado(T4-T5)
$0.016(NE)^{-0.222}$	Tráfico liviano (T0-T3)

Como tenemos una clasificación de tránsito T5, empleamos la ecuación encerrada en negro, obteniendo un valor de admisibilidad de:

		Sub.Base y Base
Valor Admisible	0.0002586784	2.587E-06
		2.5867E-04

5.8.4 Calculo de carpeta de rodadura MDC-25

En este capítulo llevamos a cabo el cálculo para obtener el valor de admisibilidad de la carpeta de rodadura MDC-25, a continuación, presentamos los datos de entrada:

	Datos de entrada	
	Transito (NE) 32,092,316	T5
	9000	E (10°C)
	1760	E (eq)
	1.3	kc
	0.68	kr
(PF3)	1	ks
	0.41231	δ
	-2.054	u
	0.4	SN
(Depende del espesor)	1	Sh
	-0.2	b
(Valor a nivel internacional)	0.02	c
(Deformacion millon de repeticiones)	70	ε (10°C/25Hz)

Empleamos ecuación:

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10^{o}C;25Hz) * \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b * \sqrt{\frac{E(10^{o}C)}{E(\theta_{eq})}} * kc * kr * ks$$

En base a los datos de entrada y ecuación presentada anteriormente, deducimos el valor de admisibilidad obteniendo:

		MDC-25
Valor Admisible	0.0000696223889	6.96224E-06

5.8.5 Calculo de carpeta de rodadura MDC-19

En este capitulo llevamos a cabo el calculo para deducir la admisibilidad de la carpeta de rodadura MDC-19, de la misma forma que el calculo de la carpeta de rodadura MDC-25 sin embargo bajo otro valor de modulo de elasticidad, como apreciamos en los datos de entrada:

	Datos de entrada	
	Transito (NE) 32,092,316	T5
	7200	E (10°C)
	1240	E (eq)
	1.1	kc
	0.68	kr
(PF3)	1	ks
	0.41231	δ
	-2.054	u
	0.4	SN
(Depende del espesor)	1	Sh
	-0.2	b
(Valor a nivel internacional)	0.02	c
(Deformacion millon de repeticiones)	100	ε (10°C/25Hz)

Empleamos ecuación:

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10^o C;25Hz) * \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b * \sqrt{\frac{E(10^o C)}{E(\theta_{eq})}} * kc * kr * ks$$

En base a los datos de entrada y ecuación presentada anteriormente, deducimos el valor de admisibilidad obteniendo:

		MDC-19
Valor Admisible	0.0000896789879	8.9679E-06

Como consideraciones adicionales que se dedujeron para obtener los valores de admisibilidad de programa o software, se seleccionaron los módulos de cada capa y se asignaron en la siguiente tabla:

Datos adicionales - Modulos de cada capa (Kg/cm2)					
BB	GB 1	BG	SB.G	SR.E	SR.N
12644.4784	17947.0016	2038.9	1124.9	3059	76.98

Para concluir el método mecanicista, empleamos los módulos anteriores y asumimos espesores para agregarlo al software Winpav, con el objetivo de llegar a nuestro diseño final, sin embargo, primero asumimos los mismos espesores que cumplió el diseño de ASSHOTH, por lo que era posible que no cumpliera, a continuación, presentamos evidencia de cómo se asignaron los datos en el programa y los resultados obtenidos:

Estructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y ahuellamiento

Capa	E (kgf/cm²)	ν		h (cm)	Liga	Daño por tensión C*k1*(1/E)^k3	k2
1	12644	0.35	¿E?	10			
2	17947	0.35	¿E?	10	☑		
3	2039	0.4	¿E?	25	☑		
4	1125	0.4	¿E?	36	☑		
5	3059	0.25	¿E?		☑		

Carga en la superficie del pavimento

Seleccionar modelo de carga

Radio del área de contacto (cm)	12.50
Distancia entre ruedas (cm)	37.50
Presión de contacto (kgf/cm²)	6.621

IMPORTANTE: Para el correcto funcionamier punto (.) como símbolo decimal y la coma (,)

Este programa requiere el software DOSBo

Escriba al correo electrónico: ingepav@gmai

Luis Ricardo Vásquez Varela, 2018.

Sistema de carga

Radio de las ruedas (cm)	12.50
Distancia entre los centros de las ruedas (cm)	37.50
Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²)	6.621

Posición del valor máximo para una carga

A Bajo una rueda simple
B Bajo una de las ruedas de la carga
C Al centro de la carga

Gráficos de respuesta

Exportar resultados a Excel (csv)

Respuestas estructurales en las interfases y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuellamiento.

Número de capas: 5

No.	E (kgf/cm²)	ν	Z (cm)	Sigma T (kgf/cm²)		Sigma Z (kgf/cm²)		Tracción (fatiga) Épsilon T (microstrain)		N admisible	Factor de daño	Compresión Épsilon Z (microstrain)		N admisible	Factor de daño
1	1.264E+04	0.35	0.00	8.453E+00	B	6.618E+00	A	276.0	B			-152.0	C		
	Continua		10.00	1.723E+00	B	4.497E+00	B	-40.5	A			261.0	A		
2	1.795E+04	0.35	10.00	1.438E+00	B	4.497E+00	B	-40.5	A			197.0	A		
	Continua		20.00	-5.853E+00	B	1.366E+00	B	-263.0	B			280.0	B		
3	2.039E+03	0.40	20.00	1.071E-01	C	1.366E+00	B	-263.0	B			601.0	B		
	Continua		45.00	-2.152E-01	C	6.496E-01	C	-207.0	C			387.0	C		
4	1.125E+03	0.40	45.00	7.536E-02	C	6.496E-01	C	-207.0	C			508.0	C		
	Continua		81.00	1.825E-01	C	3.681E-01	C	-34.6	C			196.0	C		
5	3.059E+03	0.25	81.00	-1.489E-02	C	3.681E-01	C	-34.6	C			122.0	C		

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm)	35.52
Radio de curvatura (m)	221.19
Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100)	7857.0

Salir y descartar los resultados

Diseño: (Espesor ASUMIDO respecto al Diseño ASSHOTH)

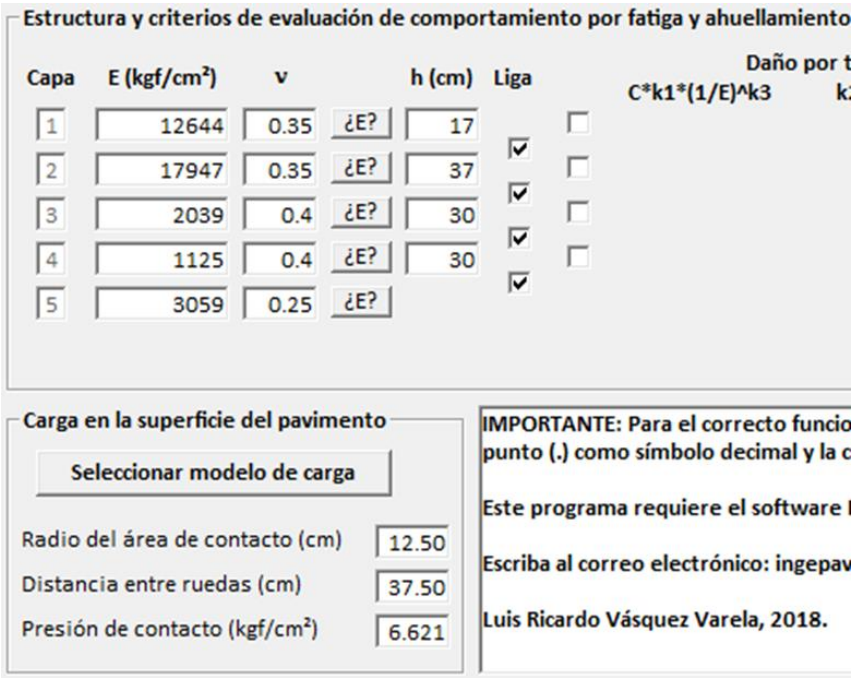
Nota: Amarillo no se modifica su espesor.

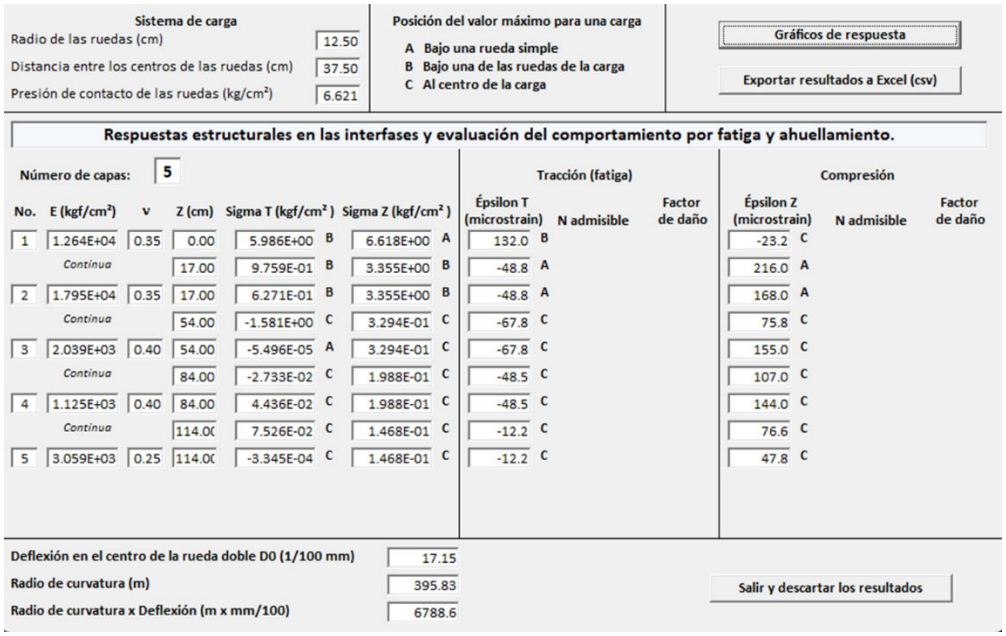
Espesor BB Kte = 10 cm Capas	Admisibilidades x10^-6	Espesores (cm)	Épsilon T x10^-6 (Kg/cm2)	Épsilon Z x10^-6 (Kg/cm2)	Designación
BB	89.68	10	40.5	-	Cumple
GB 1	69.62	10	263.0	-	No Cumple
BG	258.68	25	-	601.0	No Cumple
SB.G	258.68	36	-	508.0	No Cumple
SR.E.N	454610	30	-	122.0	Cumple

Nota: El valor admisible siempre tiene que ser mayor al valor que obtenemos de programa en base a la evaluación del comportamiento por fatiga y ahuellamiento de las capas.

Como apreciamos no cumplen las capas de grava bituminosa 1 (MDC-25), base granular y subbase granular por lo que necesitamos cambiar los espesores de las capas entre si hasta que la admisibilidad cumpla en todas.

La única forma que cumplieron todas las capas fue registrando los siguientes espesores como se puede apreciar a continuación:





Bajo los datos leídos en programa como se puede apreciar anteriormente, obtenemos la siguiente tabla donde recopilamos la información y obtenemos así los valores de respuesta estructural de cada capa cumpliendo el valor de admisibilidad deducido:

Diseño: (Espesores cumplen admisibilidad permitida)

Nota: Amarillo no se modifica su espesor.

Espesor BB Kte = 10 cm Capas	Admisibilidades x10^-6	Espesores (cm)	Épsilon T x10^-6 (Kg/cm2)	Épsilon Z x10^-6 (Kg/cm2)	Designación
BB	89.68	17	48.8	-	Cumple
GB 1	69.62	37	67.8	-	Cumple
BG	258.68	30	-	155.0	Cumple
SB.G	258.68	30	-	144.0	Cumple
SR.E.N	454610	30	-	47.8	Cumple

Nota: El valor admisible siempre tiene que ser mayor al valor que obtenemos de programa en base a la evaluación del comportamiento por fatiga y ahuellamiento de las capas.

De esta forma concluimos el diseño de método mecanicista definiendo el perfil de diseño requerido para el pavimento cumpliendo lo que solicita la norma.

5.9 ANÁLISIS DE POTENCIAL EXPANSIVO DE LOS SUELOS

Es importante definir el potencial expansivo del suelo, ya que es un factor para tener en cuenta al definir el método de estabilización de la subrasante, este potencial se define con las tablas de la norma INV E - 132 – Determinación de suelos expansivos

Ilustración 8. Predicción de la expansividad a partir del límite líquido

Tabla 132 - 1. Predicción de la expansividad a partir del límite líquido

GRADO DE EXPANSIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	
	CHEN	NORMA IS 1498
Bajo	< 30	20 – 35
Medio	30 – 40	35 – 50
Alto	40 – 60	50 – 70
Muy alto	> 60	70 - 90

Fuente: INV E – 132 – 13

Teniendo en cuenta que el suelo tiene un límite líquido de 60%, se obtiene un grado de expansión alto

Ilustración 9. Predicción de la expansividad a partir del índice de plasticidad

Tabla 132 - 2. Predicción de la expansividad a partir del índice de plasticidad

GRADO DE EXPANSIÓN	ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
	HOLTZ Y GIBBS	CHEN	NORMA IS 1498
Bajo	< 20	0 – 15	< 12
Medio	12 – 34	10 – 35	12 – 23
Alto	23 – 45	20 – 55	23 – 32
Muy alto	> 32	> 35	> 32

Fuente: INV E – 132 – 13

Teniendo en cuenta que el suelo tiene un índice plástico de 40%, se obtiene un grado de expansión muy alto

Al comparar estos dos grados de expansión se decide trabajar con el más crítico, por lo tanto, se tiene un potencial expansivo muy alto

5.10 DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO

Para determinar el CBR de diseño tomamos los CBR de laboratorio

Tabla 21. CBR de laboratorio

CBR de laboratorio	1	1.5	1.5	1.8	2	2.3
	1	2	3	4	5	6

Fuente: Propia

Con estos datos se aplica el método de los percentiles, para el cual se inicia ubicando los datos del mayor al menor

Tabla 22. CBR mayor a menor

CBR
0.8
0.9
1.0
1.1
1.3

Fuente: Propia

A continuación, por cada se define cuantos datos mayores o iguales hay

Tabla 23. Datos acumulados

CBR	>e=
1	6
1.5	5
1.8	3

2	2
2.3	1

Fuente: Propia

Con estos datos acumulados se calculan los percentiles en los que se encuentra cada CBR de laboratorio

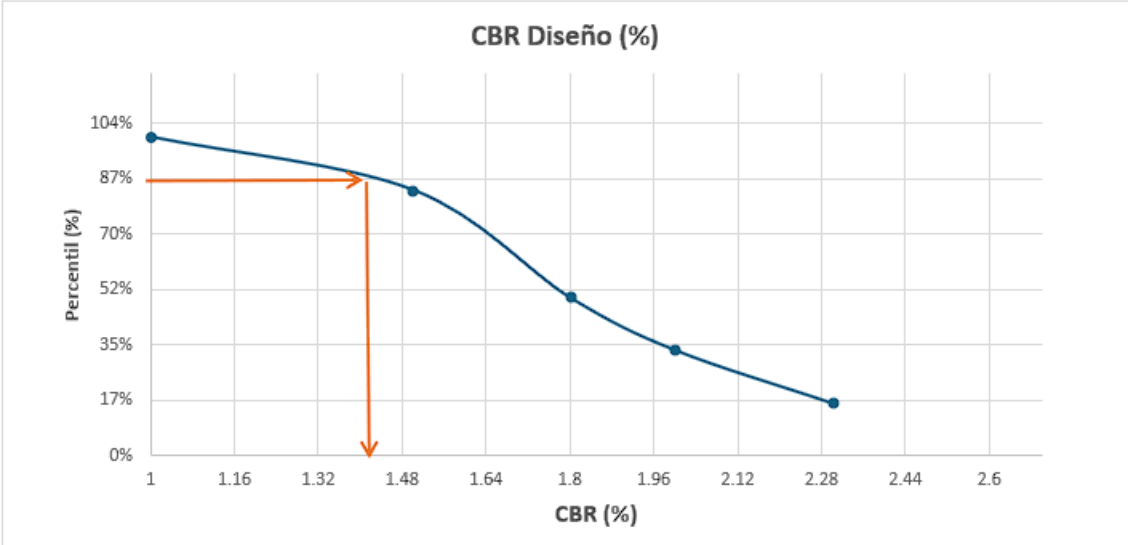
Tabla 24. Percentiles del CBR

CBR	>e=	Percentil (%)
1	6	100.00
1.5	5	83
1.8	3	50
2	2	33
2.3	1	17

Fuente: Propia

Teniendo los CBR y los percentiles se grafican para obtener el CBR de diseño, como se tiene un tránsito NT3, se debe entrar a la gráfica con un percentil de 87% para definir el CBR de diseño, el cual fue 1.46%

Ilustración 10. CBR/Percentil



Fuente: Propia

5.11 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

5.11.1 Criterios de la estabilización escogida

Se toma como opción la estabilización de subrasante con cal, teniendo en cuenta que se tiene un índice plástico de 40% y un límite liquido dé % se puede ver que esta opción es adecuada

Ilustración 11. Requisitos de suelos de subrasante para la estabilización con cal

Tabla 236 - 1. Requisitos de suelos de subrasante para la estabilización con cal

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Composición (F)		
- Material que pasa el tamiz de 4.75mm (No. 4), mínimo (%) - Material que pasa el tamiz de 0.075mm (No. 200), mínimo (%)	E-213 E-214	50 25
Limpieza (F)		
Límite líquido, mínimo (%)	E-125	40
Índice de plasticidad, mínimo (%)	E-125 y E-126	10
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0.1
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos, expresada como $SO_4^=$, máximo (%)	E-233	0.3

Fuente: INV Art. 236 - 13

5.11.2 Condiciones de calidad según normas INVIAS 2013 calidad de los materiales

CAL

- Debe cumplir con las especificaciones de calidad para cal viva (óxido de calcio) o cal hidratada (hidróxido de calcio) según la Norma Técnica Colombiana NTC 321 y NTC 4018.
- Pureza mínima: 85% de óxido de calcio (CaO) disponible para cal viva y 75% de hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$) para cal hidratada.

SUELO

- El suelo debe tener un Índice de Plasticidad (IP) mínimo de 10% y contenido de finos (pasante por el tamiz N°200) mayor al 25%.
- Los suelos seleccionados deben ser predominantemente arcillosos, para garantizar una reacción química eficiente con la cal.

Dosificación de la Cal

- El contenido de cal usualmente se encuentra entre el 2% y el 8% del peso seco del suelo, dependiendo de las características específicas del material.

Espesor de la capa

- El espesor compactado de la capa estabilizada debe cumplir con las especificaciones del diseño y no presentar una variación mayor al 10% del espesor nominal

5.11.3 Proceso constructivo

La estabilización con cal es una técnica ampliamente utilizada para mejorar las propiedades mecánicas y químicas de suelos arcillosos, incrementando su capacidad portante y reduciendo su susceptibilidad a cambios de humedad. A continuación, se detalla el proceso constructivo formal, siguiendo las especificaciones de la metodología AASHTO:

1. **Preparación del Terreno:** Esta etapa inicial asegura que el área esté lista para los trabajos de estabilización.

1.1 **Limpieza del Terreno:** Consiste en retirar vegetación, escombros, rocas u otros materiales no deseados de la superficie del terreno.

1.2 **Se realiza la excavación y nivelación del terreno hasta la cota especificada en el diseño:** Se realiza la excavación del terreno hasta alcanzar la cota especificada en los planos de diseño y con la nivelación se asegura que la superficie esté uniforme para recibir la cal y facilite los siguientes procesos.

1.3 **Se verifica la pendiente transversal y longitudinal requerida:** Se controla la pendiente transversal y longitudinal según el diseño, garantizando el correcto drenaje y estabilidad del terreno.

2. **Determinación de la Dosificación de Cal:** Se calcula la cantidad exacta de cal necesaria para estabilizar el suelo, basada en pruebas de laboratorio y características del terreno.

3. **Ensayos de Laboratorio**: Se realizan pruebas para evaluar las propiedades del suelo antes y después de la adición de cal.
4. **Validación en Campo:** Las condiciones del terreno se verifican directamente en el sitio para asegurarse de que coincidan con los resultados obtenidos en el laboratorio.
5. **Distribución de la Cal:** La cal se extiende uniformemente sobre la superficie del terreno preparado, esto puede hacerse de forma manual o mediante maquinaria especializada, asegurando una distribución uniforme.
6. **Mezclado del Suelo y la Cal:** Se realiza una mezcla preliminar para integrar la cal con el suelo, la maquinaria utilizada puede incluir estabilizadoras de suelo o motoniveladoras.
7. **Adición de Agua:** Se agrega agua para iniciar las reacciones químicas entre la cal y los minerales del suelo, mejorando sus propiedades mecánicas.
8. **Mezcla Final:** Una vez añadida el agua, se mezcla nuevamente el suelo y la cal para garantizar una homogeneidad completa.
9. **Compactación:** La compactación aumenta la densidad y resistencia del suelo estabilizado, reduciendo su porosidad y el suelo mezclado se compacta utilizando rodillos vibratorios o estáticos.
10. **Curado y Protección:** Se permite que el suelo estabilizado cure durante un tiempo específico para completar las reacciones químicas de la cal.
11. **Verificación de la Estabilización:** Se realizan pruebas en el terreno estabilizado para comprobar que cumple con los requisitos de resistencia, compactación y estabilidad especificados en el diseño.

5.12 MODULO EQUIVALENTE IVANOV

Ya obtenido en modulo resiliente Psi (libras por pulgada Cuadrada), se aplicado en método de Modulo equivalente de Ivanov la cual se va a utilizar en unidades del sistema internacional, la cual se determina con la siguiente ecuación.

$$E_{eq} = \frac{E_{sg}}{1 - \frac{2}{\pi}\left[1 - \frac{1}{n^{3,5}}\, tan^{-1}\left[n * \frac{h_g}{2a}\right]\right]}$$

Donde

E_{eq}: Módulo equivalente del sistema (Kg/cm2)
E_{sg}: Módulo de la subrasante (Kg/cm2)
E_g: Módulo del material de mejoramiento (Kg/cm2)
h_g: Espesor del mejoramiento en cm
a : Radio del área de carga, cm. Esto es 15,07cm
n : valor adimensional, (raíz 2,5 de la relación de módulos $\frac{E_g}{E_{sg}}$)

A continuación, se presenta una tabla con los datos de entrada y el valor final del módulo equivalente, tomando en cuenta el valor típico de 300 MPa (3059 kg/cm²) para el módulo de mejoramiento (Suelo-Cal), según lo establecido por INVIAS (2008), que corresponde al valor mínimo necesario del Módulo Resiliente para alcanzar los parámetros deseados. En el apartado de recomendaciones constructivas, se detalla el método de estabilización seleccionado, junto con los espesores recomendados. Para este caso específico, se ha elegido un espesor de 30 cm, asumiendo que es el valor máximo recomendado. El valor de "a" es un valor estándar utilizado en los diseños.

Eg (kg/cm2)	Esg (kg/cm2)	hg (cm)	a (cm)	$\frac{2}{\pi}$	n	$n^{3,5}$	$n*\frac{h_g}{2a}$	$tan^{-1}\left[n*\frac{h_g}{2a}\right]$	Eeq (kg/cm2)	Eeq (Psi)
76.98797722	3059	30	15.07	0.637	4.36	173.31	4.34	1.34	516.49	7346.01

Se realizo el cálculo de Eeq uno en (kg/cm2) y el otro (Psi) la cual nos debería dar igual

Ecuación 1

Se toma toda ecuación que se mostró anterior mente y se calcula

Eeq (Psi)
7346.01

Ecuación 2

La segunda forma se subdivide la ecuación como se muestra en las imágenes, ya obtenido los valores correspondientes se obtiene el Eeq.

$$\left[1-\frac{1}{n^{3,5}}\ tan^{-1}\left[n*\frac{h_g}{2a}\right]\right]$$

$$\left[1-\frac{2}{\pi}\right]$$

Eeq (kg/cm2)
516.49

Se comprobó que, de las dos formas, nos dieron el mismo valor, como no lo indica "AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENTS STRUCTURES (1993)"

MR subrasante

Partiendo del CBR de diseño previamente definido, y utilizando la ecuación correspondiente de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) para calcular el Módulo Resiliente en condiciones de un CBR inferior al 2%, se obtiene el valor presentado en la Tabla 31 para este caso particular.

IP	LL
40	60
CBR diseño (%)	Mr (psi)
1.46	1095

$Mr\ (\text{psi}) = 750$*CBR para CBR < 2% AASHTO

MR Subbase

El cálculo del Módulo Resiliente para la Subbase Granular se basa en la clase asignada según el nivel de tránsito, en este caso NT3 (Tránsito Alto), conforme a las Especificaciones Generales de INVIAS (2022), considerando el porcentaje mínimo de CBR requerido para esta clase de subbase.

Clase de subbase granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

Tabla 320 — 2. Requisitos de los agregados para subbases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Ya con estos datos obtenido se procede a calcular con la siguiente ecuación

$$Mr(psi) = 4326\ lnCBR + 241$$

Sub-base	
CBR (%)	**40**
Mr (psi)	16199

MR Base

Para este modulo de la base se presenta también teniendo valores mínimo de CBR como no lo muestras en el (Art. 330 – EGCC 2022).

Tabla 330 — 2. Requisitos de los agregados para bases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Base granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%).	E-239	35	35	-
Resistencia de material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 95	≥ 80	≥ 80

Nota 1: el ensayo de solidez se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio, de acuerdo con los documentos del proyecto, o con lo solicitado por el interventor.

Base	
CBR (%)	**95**
Mr (psi)	19941

Variables de Diseño de entrada

En la siguiente tabla se quieren mostrar los valores de entrada del diseño, Se incluyen los niveles de servicio inicial y final, junto con su diferencia (ΔPSI), la desviación estándar (So), que se encuentra dentro del rango recomendado (0.35 – 0.50) para pavimentos, considerando las predicciones sobre su comportamiento y el estado del tráfico. Además, se especifica el número de aplicaciones (NESEi) correspondiente al tránsito estimado para el periodo de diseño.

Condición de diseño		
Indice de serviacibilidad (PSI)	min	2.5
	max	3.9
Confiabilidad (R)		87%
So		0.45
Δpsi		**1.5**
NESE		**8.65E+07**
ZR		**-1.135**

Con los datos obtenidos se puede mostrar que tenemos una confiabilidad del 87% que se establece en una tabla (ZR) de (AASHT,1993)

Table 4.1. Standard Normal Deviate (Z_R) Values Corresponding to Selected Levels of Reliability

Reliability, R (percent)	Standard Normal Deviate, Z_R
50	−0 000
60	−0 253
70	−0 524
75	−0 674
80	−0 841
85	−1 037
90	−1 282
91	−1 340
92	−1 405
93	−1 476
94	−1 555
95	−1 645
96	−1 751

En la figura anterior muestra los valores de AASTO para los coeficientes dé confiabilidad la cual se tiene entre un 85% y un 90% la cual se debe hacer una interpolación

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1)$$

En este caso se tuvo que hacer una interpolación ya que nuestro nivel de confiabilidad no esta explícitamente en la tabla

Interpolación	
85	1,037
87	**1135.00**
90	1282.00

El valor obtenido mediante IVANOV representa el módulo del sistema, específicamente el de la subrasante, dado que esta capa es la que soporta toda la estructura del pavimento. En la tabla siguiente se detallan los módulos calculados para cada capa, junto con su respectivo % de CBR. En el caso de la subrasante, se presenta el resultado después de aplicar el mejoramiento con el material estabilizante, derivado de la ecuación (Mr = 750 * CBR). Estos valores serán los utilizados en el diseño final.

	MR	CBR
	(psi)	(%)
Subrasante	**7346**	9.79
Base	**19941**	95
Sub-base	**16199**	40

Drenaje

Una de las variables a considerar para determinar el número estructural del sistema (SN) en el diseño AASHTO es la relacionada con el coeficiente de drenaje. Se basa en la calidad y la duración de la exposición a los niveles de humedad del pavimento. A continuación, se presenta la información de entrada para este estado.

Drenaje	
Calidad	Buena
Tiempo exposición (%)	8.64

Design Requirements

Table 2.4. Recommended m_i Values for Modifying Structural Layer Coefficients of Untreated Base and Subbase Materials in Flexible Pavements

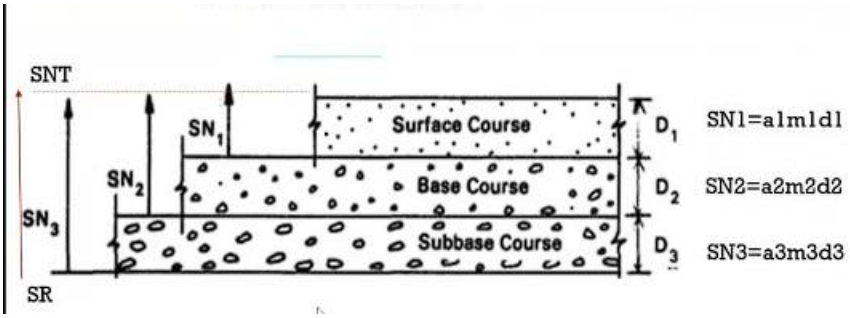
Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation: Less Than 1%	1–5%	5–25%	Greater Than 25%
Excellent	1 40–1 35	1 35–1 30	1 30–1 20	1 20
Good	1 35–1 25	1 25–1 15	1 15–1 00	1 00
Fair	1 25–1 15	1 15–1 05	1 00–0 80	0 80
Poor	1 15–1 05	1 05–0 80	0 80–0 60	0 60
Very poor	1 05–0 95	0 95–0 75	0 75–0 40	0 40

El siguiente valor se aplica la subbases y bases granulares, ya que tenemos una carpeta asfáltica se considera la impermeabilidad y un coeficiente de drenaje 1.00

m1	1.00
m2	1.12
m3	1.12

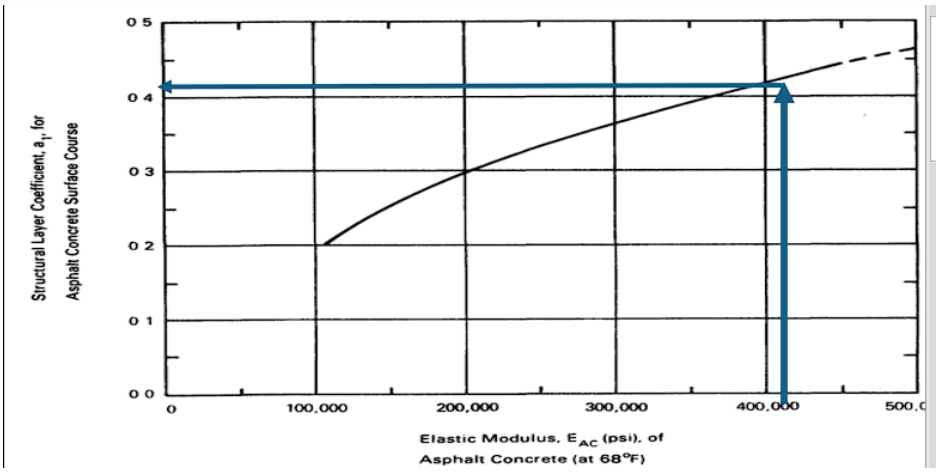
Coeficientes

A partir de este momento, cada subíndice será catalogado como 1 para la carpeta asfáltica (CA), 2 para la capa de Base Granular y 3 para la capa de Subbase Granular. Como se indicó previamente, el valor que determinará el dimensionamiento de la estructura en el diseño AASHTO será el número estructural (SN, por sus siglas en inglés). Esta cifra se debe determinar para cada nivel de la estructura, basándose en un SN total del sistema. Entendiendo que: SNT representa SN1, SN2 y SN3.



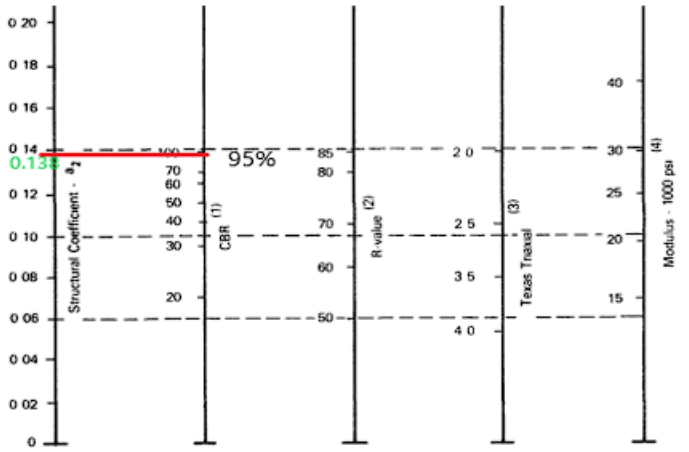
En principio, se determina mediante métodos gráficos (nomograma - letras de diseño) Hay una referencia al tamaño, pero hay que considerar el método. El diseño y dimensionamiento serán analíticos. Diseño de cobertura flexible basado en el uso del valor promedio de cada entrada (AASHTO 1993). Ambos métodos serán invocados desde las variables de entrada. diseño.

Coeficiente Carpeta Asfáltica	
a1	0.425
E CA (psi)	400000



Se determina el coeficiente de capa para la base granular a partir de la siguiente gráfica, aplicando el %CBR establecido anteriormente.

Coeficiente Base	
a2	**0.138**



(1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois
(2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico and Wyoming
(3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas
(4) Scale derived on NCHRP project *(3)*

Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (*3*)

grafico para hallar coeficiente a2 (AASHTO 1993, 1993)

Coeficiente Subbase	
a3	**0.12**

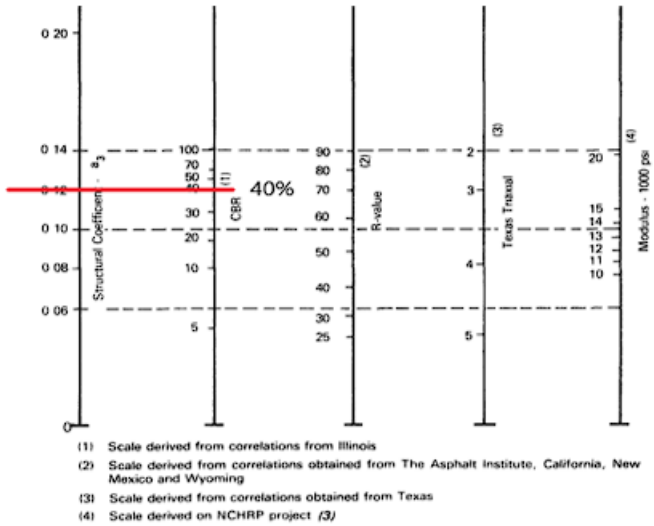


Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)

5.13 PROCEDIMIENTO DE CALCULO

En este capítulo se presenta como se llevó a cabo el cálculo para obtener al final la base del diseño de espesores de cada capa que conforma el pavimento flexible, partiendo de los datos de entrada desarrollamos un cálculo por iteración para obtener el numero estructural de las capas como se puede apreciar en las siguientes imágenes:

CONSTANTES
VARIABLES

Ecuación ASSHOTH

NOMOGRAPH SOLVES:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Variables de Entrada	
Wt18	86,488,556.90
ZR	-1.135
So	0.45
Δpsi	1.5
MR	7346
SNT	6.80

izquierda	
$\log_{10} W_{18}$	7.9369587
$\log_{10}(SN+1)$	0.891877142
$\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]$	-0.255272505
$0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}$	0.425714315
$\log_{10} M_R$	3.866051738

derecha	
SOLVES: $+ Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$	7.94
SNT	

La ecuación de asshoth, nos permite obtener el numero estructural requerido para cada capa involucrando variables como ZR, So, Delta psi, modulo resiliente y carga Wt 18, como apreciamos en la imagen anterior se dedujo el numero estructural total de las capas y se repite el mismo procedimiento de cálculo para la carpeta asfáltica, base granular y sub base granular, considerando un módulo resiliente diferente para cada una de ellas, a continuación presentamos el cálculo repetido para obtener el numero estructural de la

carpeta asfáltica y su espesor final el cual sería en función del número estructural dividido entre las variables m1 y a1:

NOMOGRAPH SOLVES:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Variables de Entrada	
Wt18	86,488,556.90
ZR	-1.135
So	0.45
Δpsi	1.5
MR	19941
SN1	4.95

izquierda	
$\log_{10} W_{18}$	7.9369587
$\log_{10}(SN+1)$	0.774361543
$\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]$	-0.255272505
$0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}$	0.504732366
$\log_{10} M_R$	4.299748489

derecha	
SOLVES: $Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$	7.94
CA	

CARPETA ASFALTICA

m1	1.00
a1	0.425
d1 (")	11.64
d1 (cm)	30
d1 min (")	7.80
d2 (cm)	20

Luego de obtener ese valor se calculan también los espesores de la base granular y subbase granular como se puede apreciar a continuación:

NOMOGRAPH SOLVES:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Variables de Entrada	
Wt18	86,488,556.90
ZR	-1.135
So	0.45
Δpsi	1.5
MR	16199
SN2	5.31

izquierda	
$\log_{10} W_{18}$	7.9369587
$\log_{10}(SN+1)$	0.799855233
$\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]$	-0.255272505
$0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}$	0.477226911
$\log_{10} M_R$	4.209490686

derecha	
SOLVES: $Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$	7.94

BASE GRANULAR

SNb	0.36
m2	1.12
a2 (ecuación)	0.138
d2 (")	2.32
d2 (cm)	6
d2 min (")	9.84
d2 (cm)	25
SNb (corr.)	1.524

0.359599547 $a_2 = 0,249\ (\log_{10} E_{BS}) - 0,977$

Minimum Thickness (inches)

Traffic, ESAL's	Asphalt Concrete	Aggregate Base
Less than 50,000	1 0 (or surface treatment)	4
50,001–150,000	2 0	4
150,001–500,000	2 5	4
500,001–2,000,000	3 0	6
2,000,001–7,000,000	3 5	6
Greater than 7,000,000	4 0	6

SUBBASE GRANULAR

SN	6.80
SNSb	1.49

m3	1.12
a3	0.12
d3 (")	11.38
d3 (cm)	29

$$a_3 = 0,227\,(\log_{10} E_{SB}) - 0,839$$

Minimum Thickness (inches)		
Traffic, ESAL's	Asphalt Concrete	Aggregate Base
Less than 50,000	1 0 (or surface treatment)	4
50,001–150,000	2 0	4
150,001–500,000	2 5	4
500,001–2,000,000	3 0	6
2,000,001–7,000,000	3 5	6
Greater than 7,000,000	4 0	6

Como se logra apreciar antes, se asignan las normas al cálculo con el fin de comprender el espesor mínimo que debemos cumplir respecto a la norma lo cual nos especifica que para la carpeta safaltica no puede existir un espesor menor a 10 centímetros y para la base granular no puede existir un espesor mínimo de 15 centímetros, de esta manera luego del cálculo obtenemos los siguientes espesores:

Estructura de diseño base

Categoria	*Dimensiones (cm)*		*Comentario*
Carpeta Asfaltica	30	Sumatoria capas espesor 65	Base Granular no cumple, desarrollamos caso 1 y caso 2.
Base Granular	6		
Sub Base Granular	29		
Base Estabilizada	30		
Sr Natural			
	95	Estructura robusta	

Como apreciamos antes la base granular no cumple el espesor mínimo por lo que comenzamos a calcular entre ellas los espesores más apropiados para nuestro objetivo el cual es definir la estructura final del diseño por lo que en un principio nos dirigimos a la norma y en base a los espesores mínimos se llevó a cabo el cálculo obteniendo lo siguiente:

DATOS AJUSTADOS POR NORMA (MIN):
Para carpeta asfaltica = 4" / 10 cm
Para base granular b = 6" / 15 cm

CASO 1 (BAJO NORMA): SUB BASE AUMENTA

SN1	SN2	SN3	SNT
1.70	0.93	4.17	6.8
CARPETA ASFALTICA	BASE	SUB BASE	

Confirmamos el espesor de cada capa con datos anteriores:

Unidades	d1	d2	d3
Pulgadas (")	4.00	6.00	31.87
Centimetros (cm)	10	15	81
	CARPETA ASFALTICA	BASE	SUB BASE

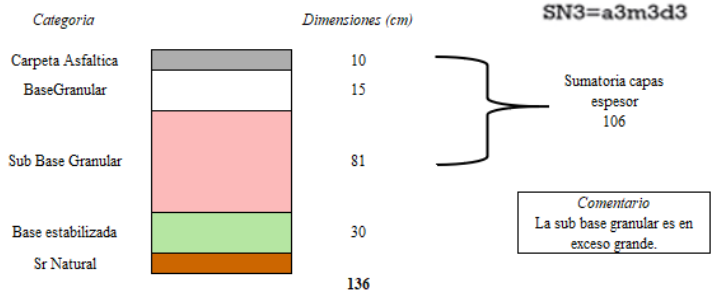
Ecuaciones:

SN1=a1m1d1

SN2=a2m2d2

SN3=a3m3d3

Diagrama:



Como apreciamos antes, cumpliendo con lo mínimo que solicita la norma, se debe asumir un espesor de 81 centímetros en la subbase granular, técnicamente el diseño estaría cumpliendo sin embargo no se consideraría como diseño final porque no cumpliría el espesor de cada capa su relación al tamaño máximo nominal del material por lo cual desarrollamos una última propuesta en base a los últimos dos criterios para obtener nuestro diseño final.

5.14 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE FINAL

CASO 2 (CONSIDERACION FINAL): PROPORCIONES SIMILARES

SN1	SN2	SN3	SNT
3.40	1.52	1.88	6.8
CARPETA ASFALTICA	BASE	SUB BASE	

Confirmamos el espesor de cada capa con datos anteriores:

Unidades	d1	d2	d3
Pulgadas (")	8.00	9.84	14.33
Centimetros (cm)	20	25	36
	CARPETA ASFALTICA	BASE	SUB BASE

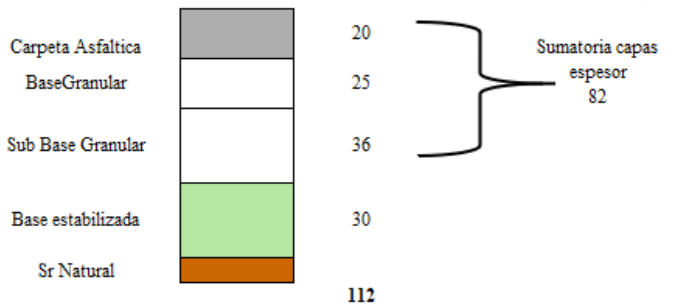
Ecuaciones:

SN1=a1m1d1

SN2=a2m2d2

SN3=a3m3d3

Diagrama:



Como apreciamos antes a criterio profesional, planteamos un diseño de pavimento flexible con espesores muy parecidos entre sí, sin embargo, se debe a su tamaño nominal y el espesor total no es muy elevado a diferencia de los últimos dos diseños, bajo este diseño se desarrolló los costos que acompañan los cálculos finales del diseño de pavimento flexible.

6. DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO INVIAS

El propósito de este método de diseño es el mismo del de otras estructuras de ingeniería, es decir, hallar los espesores mínimos de pavimento que se traduzcan en los menores costos anuales. Si se toma un espesor mayor que el necesario, el pavimento presentará buen comportamiento con bajos costos de mantenimiento, pero el costo inicial será muy elevado. Ahora, si, por el contrario, el espesor elegido es muy bajo, se requerirá un mantenimiento importante e interrupciones de tránsito prematuras y costosas, que excederán la compensación por el menor costo inicial. Por tanto, un criterio sano de ingeniería implica la elección de espesores de diseño que equilibren adecuadamente les costos iniciales y los de mantenimiento.

6.1 Valores de entrada

Como datos de entrada se tiene una resistencia a la flexión del concreto a 28 días (MR) de 4.2 MPa, un factor de seguridad de 1.2 y finalmente se define que se van a trabajar juntas con dovelas y bermas de concreto para un periodo de diseño de 20 años

NESE	86.488.557
BR ESTABILIZADO	9,79
Periodo de diseño(años)	20

MODULO DE ROTURA	Mpa	Kg/cm2
	4,2	43

6.2 Espesores obtenidos

Se realiza la clasificación de tránsito para la selección de espesor de acuerdo con los ejes acumulados de 8.2t, teniendo en cuenta el valor de entrada de NESE dándonos un valor de T6.

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T_0	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

Tabla 3-1. Categorías de tránsito para la selección de espesores

En la Tabla 3-1 las siglas tienen el siguiente significado:	
	M: Medias
Vt: Vía terciaria	**A:** Anchas
Vs: Vía secundaria	**CC:** Carreteras de 2 direcciones
Vp: Vía principal	**MC:** Carreteras multicarriles
E: Estrechas	**AP:** Autopistas

Teniendo en cuenta el CBR de la Subrasante estabilizada se realiza la clasificación de esta, dándonos un valor de Subrasante **clase S3.**

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm^2)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 – 500
S3	5 - 10	500 – 1.000
S4	20 - 10	1.000 – 2.000
S5	> 20	> 2.000

Tabla 3-2. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

Tabla 3-3. Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto.

Teniendo en cuenta el modulo de rotura estipulado y ya realizandose la conversion a kg/cm2.Nos da un **MR3.**

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm^2)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Tabla 3-4. Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura).

La tabla de denominaciones, ya que a la hora de extraer los datos certeros de los espesores solo aparecen las denominaciones.

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas

Tabla 3-5. Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral

De acuerdo con lo establecido anteriormente, se definen los espesores para la subrasante natural, base granular y la base estabilizada con cemento.

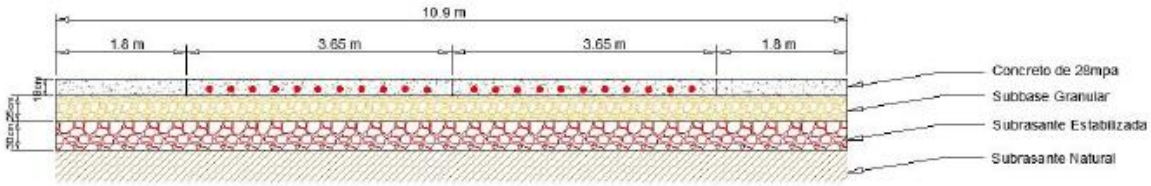
ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																					
		Tránsito T6																			
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1	32								28				27				27	30		
	MR2	30				29				27				26	30			26	30		
	MR3	30				29				27	30			26	30			26	30		
	MR4	30				29				27	30			26	30			26	30		
BG	MR1	30				29				27				27				26	30		
	MR2	29				28				26	30			26	30			25	29		
	MR3	29				28				26	30			26	30			25	29		
	MR4	29				28				26	30			26	30			25	29		
BEC	MR1	26	30			26	29			24	29			24		29		24	28	29	
	MR2	25	29			25	29			24	29			24	28	29		24	28	29	
	MR3	25	29			25	29			24	29			24	28	29		24	28	29	
	MR4	25	29			25	29			24	29			24	28	29		24	28	29	

Tabla 4-7. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T6 como factor principal

El espesor de losa es de acuerdo con la tabla 4-7

ESPESOR DE LOSA	
Apoyo	cm
SN	27
BG	26
BEC	24

8.2.1 Espesor obtenido con el nombre especifico de cada capa de acuerdo con la INVE 22



6.3 Cantidad Rígido

Esta propuesta de cantidades está enfocada para 5200 losas cuadradas. Para una longitud de tramo de 7200 metros.
Para la mejor propuesta para la cantidad de materiales.

Material	Unidades	Cantidad	Cantidad redondeada
Concreto para losa f´c= 28MPa, MR= 4,2 Mpa, e=0,26	m3	20667,4312	20668
Concreto bermas }21MPa e=0,13m	m3	4792,30	4793
Base granular clase A e= 0,15m	m3	22601,981	22602
Acero liso(dovelas) Fy= 6000 Psi	kg	140722,92	140723
Acero corrugado (barras) Fy= 6000 Psi	kg	132444,576	132445
Sello de juntas	m3	263250,923	263251
Icopor juntas de expansión e=1.5	lamina	421200	421200
Cordón de respaldo (6mm)	ml	28107,2	28108
Cantidad de canastillas	unidad	12996	12996
Cantidad de varillas 6m	unidad	33894	33894

Con el proceso constructivo a realizar va desde la instalación de cada una de las capas de nuestro pavimento el cual tiene un espesor de capa de 24 según la clasificación anteriormente realizada para la el cual la canastilla va tener una altura de 11cm para estar en el centro de la losa, con las aceros lisos de ¾ para dovelas y corrugado para juntas con un fy de 60000 psi, en total para nuestra vía de 7800 metros se van a realizar 5200 para reducir lo máximo el corte de cada una de las juntas longitudinales y para el trazado de las berma se toma de 1.8 metros de cada lado para un correcto nivel de servicio de la carretera esto aprovechando el trazado sin curvas en nuestra vía.

7. Presupuesto de la obra

Para la estipulación de costos directos, se tuvo en cuenta el APU dada por el INVIAS dependiendo de la zona en la que se encuentre el proyecto, en este caso es la Guajira.

Tabla 25. Costos directos flexible.

PRESUPUESTO DE OBRA						
PAVIMENTO RIGIDO	OBJETO DEL TRABAJO					
G1-2	ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO ENTRE LAS ESTACIONES FONSECA-BARRANCAS EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA (SUR)					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UTARIO	SUBTOTAL	INDICE REPRESENTATIVO
1. ACTIVIDADES PRELIMINARES						
1.1	LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO	m2	56940	$ 3.645,00	$ 207.546.300,00	1,37%
2. TIPO DE MEZCLA						
2.1	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO (NT3)	m3	10249,2	$ 1.090.186,00	$ 11.173.534.351,20	73,92%
3. BASE GRANULAR						
3.1	BASE GRANULAR CLASE A (NT3)	m3	9110,4	$ 136.401,00	$ 1.242.667.670,40	8,22%
5. SUBRASANTE ESTABILIZADA						
5.1	SUBRASANTE ESTABILIZADA CON CAL (INCLUYE SUMINISTRO DE LA CAL)	m3	17082	$ 145.884,25	$ 2.491.994.758,50	16,49%
TOTAL COSTOS DIRECTOS					$ 15.115.743.080,10	

7.1 Presupuesto.

A continuación, se presentarán los presupuestos finales de la obra en la vía Fonseca – Barranca con tipo de pavimento flexible, rígido y articulado con su respectiva interventoría.

9.2 Características del diseño.

A continuación, se verán algunas características de la obra realizada en el departamento de la Guajira precisamente en el tramo Fonseca – Barranca.

Tabla 26. Características del diseño

CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO	
Longitud Vía (m)	7800
Espesor Subrasante Estabilizada (m)	0,3
Espesor Sub-Base granular (m)	0,18
Espesor Base Granular (m)	0,16
Espesor Capa Rodadura (m)	0,28
MSC-25 (m)	0,18
Ancho de Carril según tránsito (m)	3,65
No. Carriles	2
Ancho Calzada (m)	7,3
Profundidad (m)	0,3
Tiempo Obra	
Años	1
Meses	12
Días	360
Horas	8640

Fuente. Propia.

9.3 . Costos Indirectos.

Tabla 27. Cálculo de FP

Detalle	**%**	**Mes**	**Operativos**
Prima 1/2 Año	50%	12	4,17%
Prima Año	50%	12	4,17%
Cesantias	100%	12	8,33%
Int. Cesantias	12%	12	1,00%
Vacaciones	50%	12	4,17%
Salud	12,50%	1	12,50%
Pensión	16%	1	16,00%
ARL	4,35%	1	4,35%
Caja de compensación	4%	1	4,00%
SENA	2%	1	2,00%
ICBF	3%	1	3,00%
Subsidio Transporte		1	
Dotación		12	23%
		FP	**86%**

Fuente. Propia

Tabla 28. Costos indirectos.

9.4 Costos Indirectos

PRESUPUESTO DE OBRA						
PAVIMENTO ASFÁLTICO	OBJETO DEL TRABAJO					
G1-2	ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO ENTRE LAS ESTACIONES FONSECA-BARRANCAS EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA (SUR)					
AIU						
ÍTEM	VALOR MENSUAL	FP	CANTIDAD	DEDICACIÓN	TIEMPO (MES)	V. PARCIAL
ADMINISTRACIÓN						
PERSONAL DE OBRA						
DIRECTOR	$ 22.614.996,00		1	1	14	$ 316.609.944,00
RESIDENTE	$ 8.000.000,00	89%	1	1	13	$ 196.560.000,00
INSPECTOR	$ 3.976.246,00	89%	1	1	13	$ 97.696.364,22
MAESTRO	$ 6.212.896,00	89%	1	1	6	$ 70.454.240,64
TOPOGRAFO	$ 5.964.400,00	89%	1	1	13	$ 146.545.308,00
CADENEROS	$ 2.857.921,00	89%	2	1	12	$ 129.635.296,56
ALMACENISTA	$ 2.609.425,00	89%	1	1	13	$ 64.113.572,25
AYUDANTE DE ALMACEN	$ 2.609.425,00	89%	1	1	13	$ 64.113.572,25
MANDADERO	$ 1.462.000,00	89%	1	1	12	$ 33.158.160,00
AYUDANTES DE MECANICA	$ 1.462.000,00	89%	2	1	12	$ 66.316.320,00
CELADURIA	$ 55.000.000,00		1	1	12	$ 660.000.000,00
MECANICO	$ 4.970.323,00	89%	1	1	12	$ 112.726.925,64
LLANTERO	$ 4.970.323,00	89%	1	1	12	$ 112.726.925,64
SISO	$ 3.727.750,00	64%	1	1	13	$ 79.475.630,00
TODERO (MANDADERO)	$ 1.462.000,00	89%	1	1	12	$ 33.158.160,00
PALETEROS	$ 2.485.146,00	89%	2	1	10	$ 93.938.518,80
ELECTRICO INDUSTRIAL	$ 3.976.246,00	89%	1	1	12	$ 90.181.259,28
SUBTOTAL						$ 2.367.410.197,28
PERSONAL DE OFICINA						
SECRETARÍA OFICINA	$ 1.700.000,00	64%	1	1	12	$ 33.391.400,00
SECRETARIO PERSONAL	$ 1.462.000,00	64%	1	1	13	$ 31.109.654,33
LABORATORISTA	$ 2.000.000,00	89%	1	1	13	$ 49.140.000,00
CAMPAMENTERO	$ 1.462.000,00	89%	1	0,5	6	$ 8.289.540,00
AUXILIAR CONTABLE	$ 1.300.000,00	64%	1	1	12	$ 25.534.600,00
SUBTOTAL						$ 147.465.194,33
GASTOS OPERACIONALES						
COMPUTADORES E IMPRESORA	$ 400.000,00		4	1	12	$ 19.200.000,00
CAMIONETA DE DIRECTOR	$ 26.900.000,00		1	1	1	$ 26.900.000,00
EQUIPO DE TOPOGRAFIA	$ 1.400.000,00		1	1	12	$ 16.800.000,00
CARRO RESIDENTE	$ 22.500.000,00		1	1	1	$ 22.500.000,00
CARRO TRANSPORTE DE ALIMENTOS	$ 16.200.000,00		1	1	1	$ 16.200.000,00
CARRO TALLER	$ 34.000.000,00		1	1	1	$ 34.000.000,00
CAMPAMENTO (CONTENEDOR)	$ 1.800.000,00		1	1	12	$ 21.600.000,00
LABORATORIO	$ 1.800.000,00		1	1	12	$ 21.600.000,00
GASTOS DE REPRESENTACIÓN	$ 2.000.000,00		1	1	12	$ 24.000.000,00
SUBTOTAL						$ 202.800.000,00
GASTOS DE LEGALIZACIÓN E IMPUESTOS						
PÓLIZA DE ANTICIPOS	$ 14.179.050.425,18	40%		1	0,09%	$ 5.104.458,15
PÓLIZA DE CUMPLIMIENTO	$ 3.544.762.606,30	10%		1	0,07%	$ 248.133,38
PÓLIZA DE PRESTACIONES	$ 3.544.762.606,30	10%		1	0,30%	$ 1.063.428,78
PÓLIZA RESPONSABILIDAD CIVIL	$ 17.723.813.031,48	50%		1	0,12%	$ 10.634.287,82
PÓLIZA ESTABILIDAD	$ 17.723.813.031,48	50%		1	0,08%	$ 7.089.525,21
SUBTOTAL						$ 24.139.833,35
COSTO TOTAL						$ 2.741.815.224,96
ADMINISTRACIÓN						9%
IMPREVISTOS						16%
UTILIDAD						5%
AIU						30%
IVA						$ 378.128.314,41
TOTAL COSTOS INDIRECTOS						$ 9.185.303.184,08
PRESUPUESTO GENERAL						$ 39.802.980.464,35

Fuente. Propia.

9.5 Costos directos rígido

Tabla 29. Costos Directos

PRESUPUESTO DE OBRA						
PAVIMENTO ASFÁLTICO	OBJETO DEL TRABAJO					
G1-1	ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO ENTRE LAS ESTACIONES FONSECA-BARRANCAS EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA (SUR)					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UTARIO	SUBTOTAL	INDICE REPRESENTATIVO
1. ACTIVIDADES PRELIMINARES						
1.1	LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO	m2	56940	$ 385.558,00	$ 21.953.672.520,00	71,70%
2. TIPO DE MEZCLA						
2.1	MEZCLA SEMIDENSA EN CALIENTE TIPO MSC-25 - MEZCLA IN SITU	m3	10249,2	$ 344.600,23	$ 3.531.876.677,32	11,54%
3. BASE GRANULAR						
3.1	BASE GRANULAR CLASE A GRADACION GRUESA	m3	9110,4	$ 146.589,77	$ 1.335.491.440,61	4,36%
4. SUBBASE GRANULAR						
4.1	SUB-BASE GRANULAR CLASE A SBG-50	m3	10249,2	$ 127.292,07	$ 1.304.641.883,84	4,26%
5. SUBRASANTE ESTABILIZADA						
5.1	SUBRASANTE ESTABILIZADA CON CAL (INCLUYE SUMINISTRO DE LA CAL)	m3	17082	$ 145.884,25	$ 2.491.994.758,50	8,14%
TOTAL COSTOS DIRECTOS					$ 30.617.677.280,27	

Fuente. Propia.

9.6. Interventoría.

Tabla 30. PRESUPUESTO DEINTERVENTORIA

INTERVENTORÍA PROYECTO USIACURÍ TRÁNSITO TERCIARIO							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COSTO MENSUAL	No. MESES	CANTIDAD	VALOR MENSUAL	No. MESES	TOTAL PARCIAL
1	PERSONAL PROFESIONAL						
1.1	DIRECTOR DE INTERVENTORÍA	$ 6.500.000,00	1	1	$ 6.500.000	7	$ 45.500.000,00
1.2	RESIDENTE DE INTERVENTORÍA	$ 1.800.000,00	1	1	$ 1.800.000	7	$ 12.600.000,00
2	PERSONAL TÉCNICO						
2.1	CONTADOR PÚBLICO	$ 4.200.000,00	1	1	$ 4.200.000	7	$ 29.400.000,00
2.2	LABORATORISTA	$ 1.600.000,00	1	1	$ 1.600.000	7	$ 11.200.000,00
2.3	AUXILIAR DE OFICINA	$ 1.300.000,00	1	1	$ 1.300.000	7	$ 9.100.000,00
2.4	TOPÓGRAFO	$ 6.600.000,00	1	1	$ 6.600.000	7	$ 46.200.000,00
SUBTOTAL							$ 154.000.000,00
FACTOR MULTIPLICADOR							
COSTOS DIRECTOS							
1	NÓMINA BASE					100%	
2	PRESTACIONES SOCIALES					40,79%	
2.1	Seguridad social SALUD					0,00%	
2.2	Seguridad social PENSION					12,00%	
2.3	Seguridad social ARL					6,96%	
2.4	Cesantías					8,33%	
2.5	Intereses sobre cesantías					1,00%	
2.6	Prima anual					8,33%	
2.7	Vacaciones					4,17%	
3	GASTOS DIRECTOS					69%	
3.1	Alquiler de oficina	$ 1.000.000,00	12		$ 12.000.000,00	8%	
3.2	Alquiler Equipos de oficina (2PC + 1 impresora)	$ 2.000.000,00	12		$ 24.000.000,00	16%	
3.3	Alquiler mobiliario basico	$ 500.000,00	12		$ 6.000.000,00	4%	
3.4	Dotacion personal (cada 4 meses)	$ 110.000,00	2		$ 220.000,00	0%	
3.5	Servicios Públicos (energia - acueducto)	$ 300.000,00	12		$ 3.600.000,00	2%	
3.6	Viáticos	$ 5.000.000,00	12		$ 60.000.000,00	39%	
4	GASTOS GENERALES					41,33%	
4.1	Personal administrativo no facturado	$ 4.000.000,00	12		$ 48.000.000,00	31,17%	
4.2	Utiles Oficina	$ 150.000,00	1		$ 150.000,00	0,10%	
4.3	Fotocopias e impresiones	$ 100.000,00	12		$ 1.200.000,00	0,78%	
4.4	Comunicaciones (telefonía movil e internet)	$ 500.000,00	12		$ 6.000.000,00	3,90%	
4.5	Inducción de personal	$ 2.500.000,00	1		$ 2.500.000,00	1,62%	
4.6	Asesoría legal					1,00%	
4.7	Depreciacion de mobiliario					0,50%	
4.8	Seguros oficina del consultor					2,27%	
5	GASTOS PERFECCIONAMIENTO					11,25%	
6	HONORARIOS					52%	
6.1	Honorarios estimados sobre el FM - según consultor					20%	
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS						3,15	
TOTAL INTERVENTORÍA						$ 484.347.040,00	

Fuente. Propia.

Se adaptó un valor del 10% para el contrato de Interventoría, esto soportado con los datos consultados en Construdata y contratos oficiales del SECOP

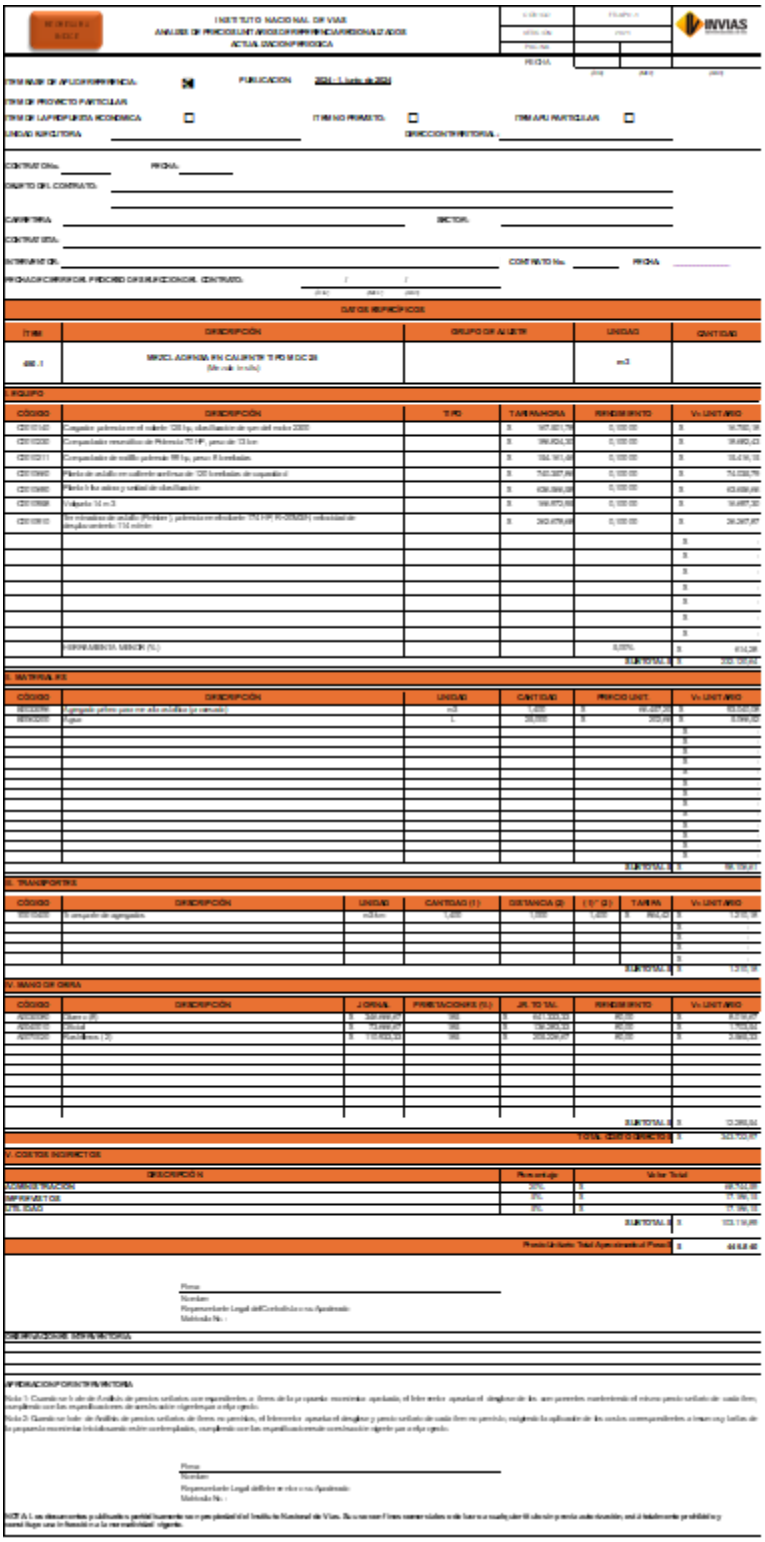
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (2024). *Tiempo de concentración.* Cueva del ingeniero civil. URL: Tiempo de concentración

- Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2013). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Bogotá, Colombia: INVIAS

11.Anexos

Tabla. APU INVIAS Mezcla densa en caliente MDC-25



INSTITUTO NACIONAL DE VIAS
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS ESTABLECIDOS
ACTA VALIDACION PRECIOS

INVIAS

ITEM NUEVO DE APLICACION PRECIO: ☒ PUBLICACION 2024 - 1 Junio de 2024
ITEM DE PROYECTO PARTICULAR
ITEM DE LA PRELIQUIDACION ECONOMICA ☐ ITEM NO PREVISTO ☐ ITEM APU PARTICULAR ☐
UNIDAD EJECUTORA _____ DIRECCION TERRITORIAL _____

CONTRATO No. _____ PROYECTO _____
OBJETO DEL CONTRATO _____
CONTRATISTA _____ SECTOR _____
CONTRATISTA _____
INTERVENTOR _____ CONTRATO No. _____ PROYECTO _____
FECHA DE CONTRATO DE PRECIOS DE EJECUCIÓN DEL CONTRATO _____

DATOS ESPECIFICOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	GRUPO DE ACUERDO	UNIDAD	CANTIDAD
400.1	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE TIPO MDC 2B (Mezcla densa)		m3	

I. EQUIPO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TIPO	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO
[illegible]	Compactador pneumático de neumático [illegible]		$ [illegible]	[illegible]	$ [illegible]
[illegible]	Compactador vibratorio de Potencia 70 HP, peso de 13 ton		$ [illegible]	[illegible]	$ [illegible]
[illegible]	Compactador de rodillo pulsante 99 hp, peso 8 toneladas		$ [illegible]	[illegible]	$ [illegible]
[illegible]	Planta de asfalto en caliente móvil de 120 toneladas de capacidad		$ [illegible]	[illegible]	$ [illegible]
[illegible]	Planta de filler seco y unidad de almacenamiento		$ [illegible]	[illegible]	$ [illegible]
[illegible]	Volquete 14 m3		$ [illegible]	[illegible]	$ [illegible]
[illegible]	Set vibratorio de asfalto (Finisher) pulverizador de ancho de 10 a 14 pies (3.05-4.27 m) [illegible]		$ [illegible]	[illegible]	$ [illegible]
	HERRAMIENTA MENOR (%)			0.00%	$ [illegible]
				SUBTOTAL	$ [illegible]

II. MATERIAL FIJO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	Vr. UNITARIO
[illegible]	Agregado pétreo para mezcla asfáltica (gravasilla)	m3	[illegible]	$ [illegible]	$ [illegible]
[illegible]	Agua	L	[illegible]	$ [illegible]	$ [illegible]
				SUBTOTAL	$ [illegible]

III. TRANSPORTES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (1)	DISTANCIA (2)	(1)*(2)	TARIFA	Vr. UNITARIO
[illegible]	A campo de agregados	m3/km	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$ [illegible]	$ [illegible]
						SUBTOTAL	$ [illegible]

IV. MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	JORNAL	PRESTACIONES (%)	JR. TOTAL	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO
[illegible]	Obrero (E)	$ [illegible]	[illegible]	$ [illegible]	[illegible]	$ [illegible]
[illegible]	Oficial	$ [illegible]	[illegible]	$ [illegible]	[illegible]	$ [illegible]
[illegible]	Rodillero (2)	$ [illegible]	[illegible]	$ [illegible]	[illegible]	$ [illegible]
					SUBTOTAL	$ [illegible]
					TOTAL COSTO DIRECTO	$ [illegible]

V. COSTOS INDIRECTOS

DESCRIPCIÓN	Porcentaje	Valor Total
ADMINISTRACION	20%	$ [illegible]
IMPREVISTOS	5%	$ [illegible]
UTILIDAD	5%	$ [illegible]
	SUBTOTAL	$ [illegible]
	Precio Unitario Total Aproximado Presente	$ [illegible]

Firma: _____
Nombre:
Representante Legal del Contratista o su Apoderado
Matrícula No. :

OBSERVACIONES INTERVENTORIA

APROBACION FORMA INTERVENTORIA

Nota 1: Cuando se trate de Análisis de precios unitarios con especificaciones a fines de la propuesta económica apoderada, el Interventor aprueba el desglose de los mismos, verificando el valor de cada fin, cumpliendo con las especificaciones de ensayo y/o requerimiento exigido.

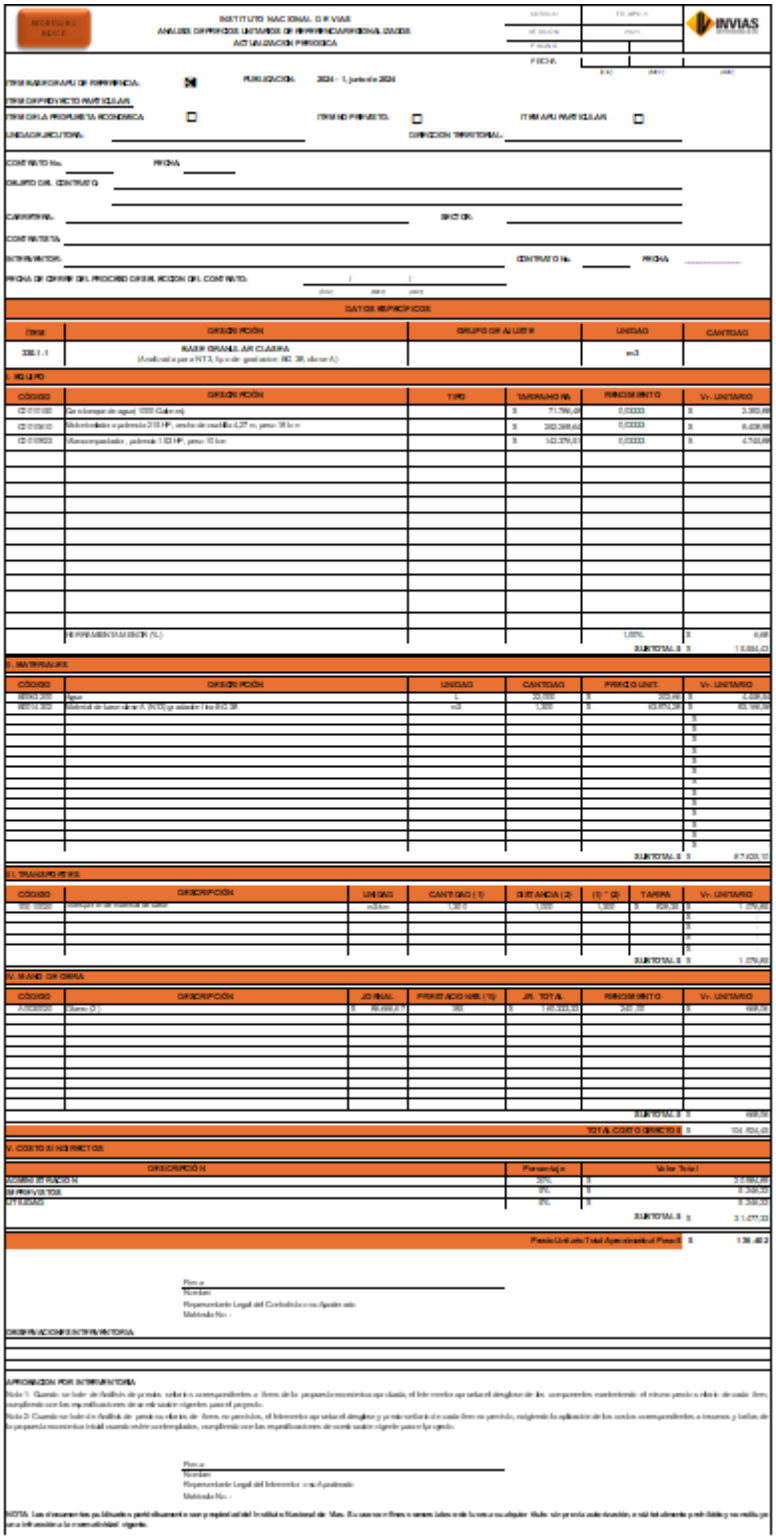
Nota 2: Cuando se trate de Análisis de precios unitarios de fines no previstos, el Interventor aprueba el desglose y precio unitario de cada fin no previsto, exigiendo la aplicación de los costos correspondientes, a través de las tablas de la propuesta económica totalmente entre contratantes, cumpliendo con las especificaciones de construcción vigente por el ente ejecutor.

Firma: _____
Nombre:
Representante Legal del Interventor o su Apoderado
Matrícula No. :

NOTA 1: [illegible]

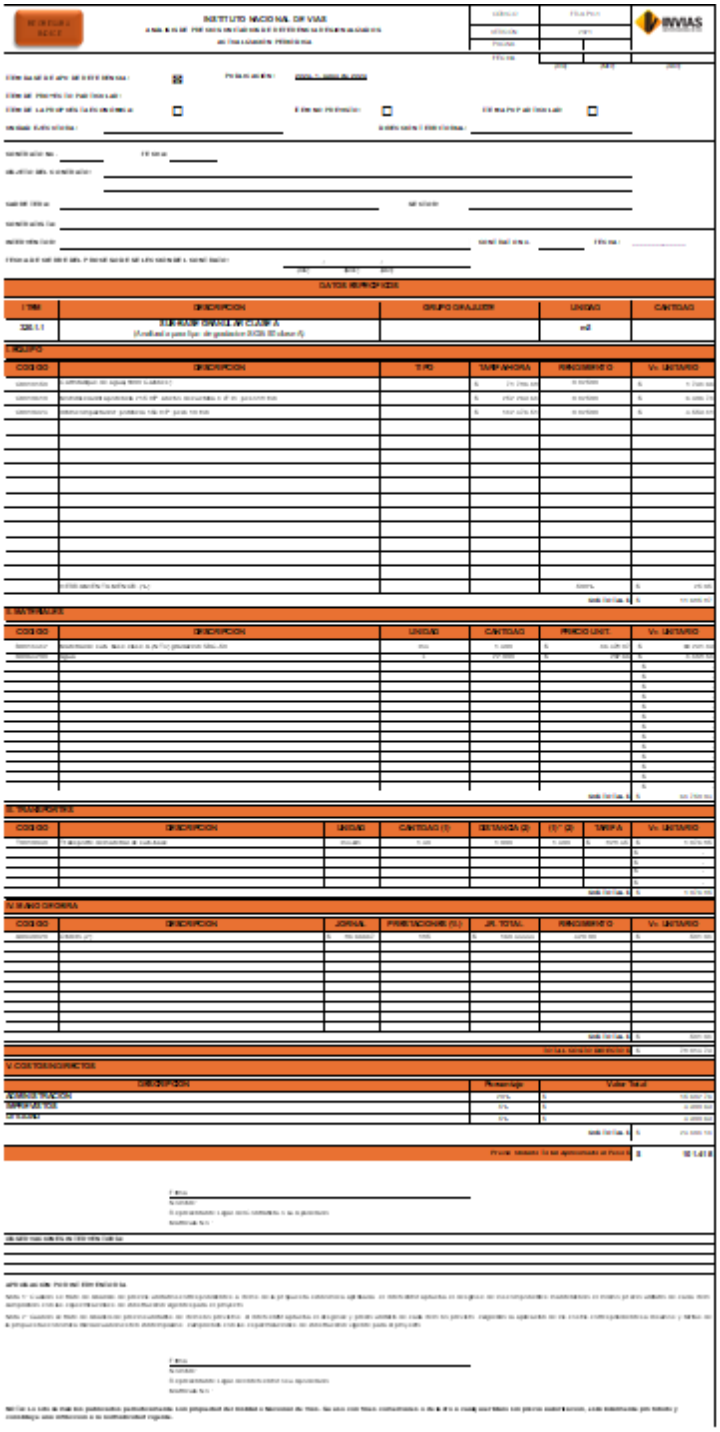
Fuente. INVIAS. APU GUAJIRA SUR 2024.

Tabla. APU INVIAS BASE GRANULAR CLASE A.



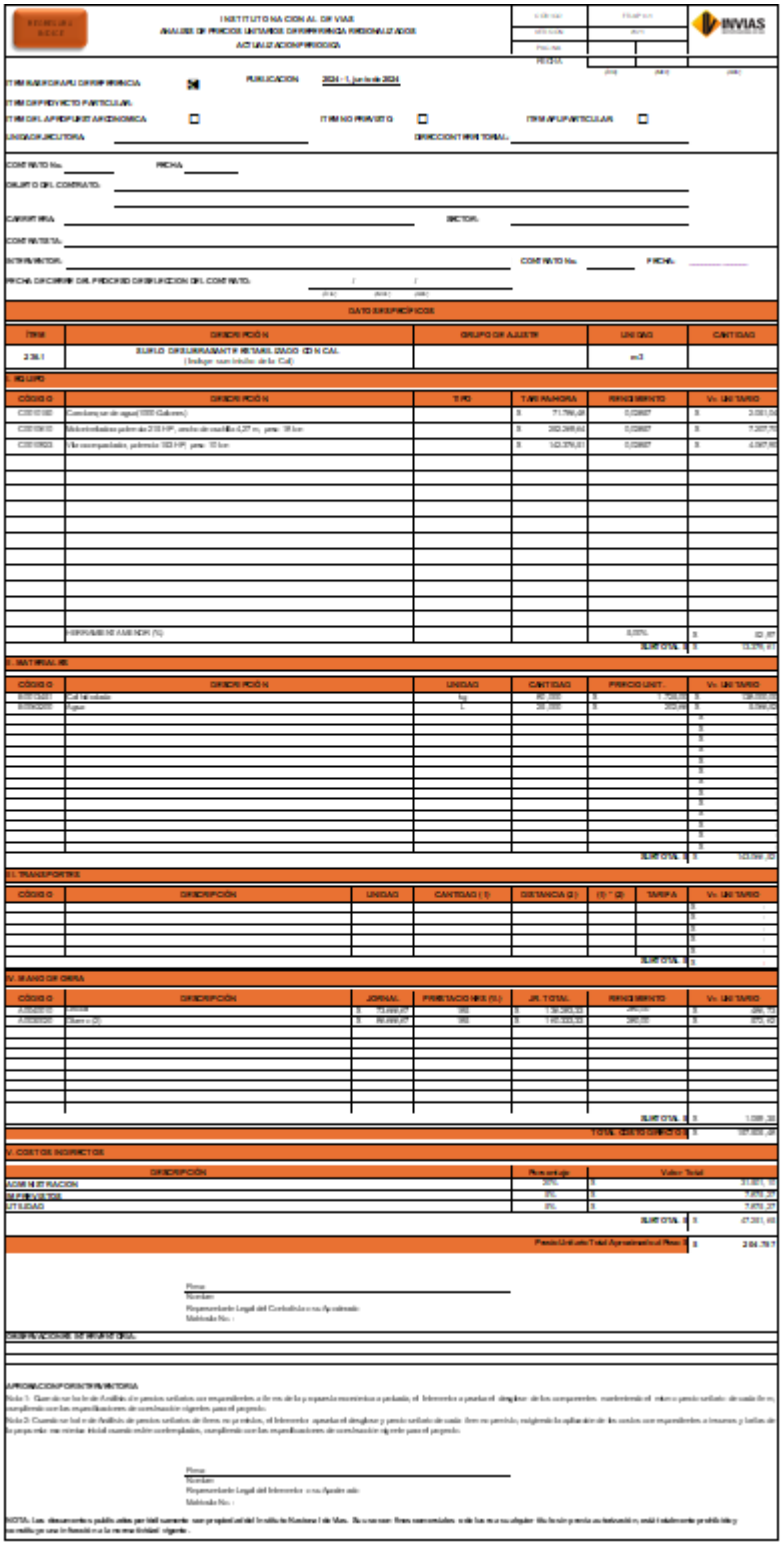
Fuente. INVIAS. APU GUAJIRA SUR 2024.

Tabla. APU INVIAS SUB-BASE GRANULAR TIPO A



Fuente. INVIAS. APU GUAJIRA SUR 2024.

Tabla. APU INVIAS SUELO DE SUBRASANTE ESTABILIZANDO CON CAL



INSTITUTO NACIONAL DE VIAS
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS CONSIDERANDO REGIONALIZACION
ACTUALIZACION PRECIOS

INVIAS

ITEM MODIFICADO APU CONSIDERANDO	☒	PUBLICACION	2024 - 1, junio de 2024
ITEM DEL PROYECTO PARTICULAR			
ITEM DEL APU PARTICULAR ECONOMICA	☐	ITEM NO PREVISTO	☐
ITEM APU PARTICULAR	☐
UNIDAD EJECUTORA		DIRECCION TERRITORIAL	

CONTRATO No. _____ FECHA _____

OBJETO DEL CONTRATO: _____

CARRETERA _____ SECTOR: _____

CONTRATISTA: _____

INTERVENTOR: _____ CONTRATO No. _____ FECHA: _____

FECHA DE COMIENZO DEL PERIODO DE EJECUCION DEL CONTRATO: ___/___/___ (DIA) (MES) (AÑO)

DATOS ESPECIFICOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	GRUPO DE AJUSTE	UNIDAD	CANTIDAD
2.36.1	SUELO DESLIGNIFICADO ESTABILIZADO CON CAL (Indique nombre común de la Cal)		m3	

I. EQUIPO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TIPO	TARIFA HORARIA	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO
[illegible]	Cortadora de césped [illegible] (Gasolina)		$ 71.786,04	0,03667	$ 2.631,04
[illegible]	Motoniveladora potencia 215 HP, ancho de cuchilla 4,27 m, peso 38 ton		$ 202.349,62	0,03667	$ 7.417,79
[illegible]	Vibrocompactador, potencia 103 HP, peso 10 ton		$ 140.376,61	0,03667	$ 5.147,66
	HERRAMIENTA MENOR (%)			0,00%	$ 0,00
				SUBTOTAL	$ 15.376,47

II. MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	Vr. UNITARIO
[illegible]	Cal viva común	kg	80,000	$ 1.725,00	$ 138.000,00
[illegible]	Agua	L	20,000	$ 202,00	$ 3.940,00
					$
					$
					$
					$
					$
					$
					$
					$
					$
					$
					$
					$
					$
				SUBTOTAL	$ 141.940,00

III. TRANSPORTES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (1)	DISTANCIA (2)	(1) * (2)	TARIFA	Vr. UNITARIO
							$
							$
							$
							$
							$
						SUBTOTAL	$

IV. MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	JORNAL	PRESTACIONES (%)	JR. TOTAL	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO
[illegible]	Ayudante	$ 73.999,27	0%	$ 73.999,27	0,00	$ 0,00
[illegible]	Maestro de Obra	$ 86.666,67	0%	$ 86.666,67	0,00	$ 0,00
						$
						$
						$
						$
						$
						$
						$
						$
						$
						$
						$
						$
					SUBTOTAL	$ 1.000,00
					TOTAL COSTO DIRECTO (I)	$ [illegible]

V. COSTOS INDIRECTOS

DESCRIPCIÓN	Porcentaje	Valor Total
ADMINISTRACION	20%	$ 31.801,10
IMPREVISTOS	0%	$ 0,00
UTILIDAD	0%	$ 7.870,27
		SUBTOTAL $ 39.671,38
		Precio Unitario Total Aproximado al Peso $ 204.787,7

Firma: _____
Nombre:
Representante Legal del Contratista o su Apoderado
Matrícula No. :

OBSERVACIONES IMPORTANTES:

APROBACION FORMA INTERVENTORIA

Nota 1: Cuando se haya hecho el análisis de precios unitarios con requerimientos a lo que de la propuesta económica presentada, el Interventor a pesar del desglose de los componentes, considerando el valor a precio unitario de cada ítem, cumplirá con las especificaciones de construcción vigentes para el proyecto.

Nota 2: Cuando se haya hecho el análisis de precios unitarios de ítems no previstos, el Interventor aparte el desglose y precio unitario de cada ítem no previsto, exigiendo la aplicación de los costos con requerimientos a insumos y tarifas de la propuesta económica inicial cuando existe correspondencia, cumpliendo con las especificaciones de construcción vigente para el proyecto.

Firma: _____
Nombre:
Representante Legal del Interventor o su Apoderado
Matrícula No. :

NOTA: Los documentos publicados por INVIAS corresponden a la versión Nacional de Vías. Su uso por terceros, sin la autorización de INVIAS, está totalmente prohibido y no refleja que sea la versión oficial vigente.

Fuente. INVIAS. APU GUAJIRA SUR 2024.

REGRESAR A INDICE

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE REFERENCIA REGIONALIZADOS
ACTUALIZACIÓN PERIÓDICA

CÓDIGO	FR-APU-1
VERSIÓN	2021
PÁGINA	
FECHA	(Día) (Mes) (Año)

INVIAS

ÍTEM BASE DE APU DE REFERENCIA: ☒ **PUBLICACIÓN:** #¡REF!

ÍTEM DE PROYECTO PARTICULAR:

ÍTEM DE LA PROPUESTA ECONÓMICA: ☐ **ÍTEM NO PREVISTO:** ☐ **ÍTEM APU PARTICULAR:** ☐

UNIDAD EJECUTORA: _____ **DIRECCIÓN TERRITORIAL:** _____

CONTRATO No. _____ **FECHA:** _____

OBJETO DEL CONTRATO: _____

CARRETERA: _____ **SECTOR:** _____

CONTRATISTA: _____

INTERVENTOR: _____ **CONTRATO No.** _____ **FECHA:** _____

FECHA DE CIERRE DEL PROCESO DE SELECCIÓN DEL CONTRATO: ____ / ____ / ____ (Día) (Mes) (Año)

DATOS ESPECÍFICOS

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	GRUPO DE AJUSTE	UNIDAD	CANTIDAD
500.1.1	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO (Analizado para un tránsito NT3)		m3	

I. EQUIPO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TIPO	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO
C0010010	Aspersor manual de 20 litros		$ 4.845,59	0,16000	$ 775,29
C0010250	Compresor (barrido y soplado)		$ 82.313,31	0,16000	$ 13.170,13
C0010290	Cortadora de pavimento, profundidad de corte: 16- 19 cm. capacidad de disco: desde 12" hasta 20" de diámetro		$ 14.332,94	0,16000	$ 2.293,27
C0010430	Formaleta metálica para pavimento en concreto hidráulico (m)		$ 1.053,75	0,16000	$ 168,60
C0010740	Regla vibratoria de concreto, de longitud de 3 a 5 m, potencia de 6 a 9 HP		$ 14.237,65	0,16000	$ 2.278,02
C0010922	Vibrador de concreto, potencia aproximada de 3 hp, mangueras de 4 a 6 metros		$ 7.680,57	0,16000	$ 1.229,89
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
	HERRAMIENTA MENOR (%)			5,00%	$ 871,81
				SUBTOTAL $	$ 20.786,02

II. MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	Vr. UNITARIO
B0013380	Barras de transferencia de carga (1")	kg	6,565	$ 4.789,18	$ 31.440,97
B0013390	Barras de unión de 1/2"	kg	0,520	$ 4.789,18	$ 2.490,37
B0013601	Sello de poliuretano en cinta para juntas en pavimentos de concreto hidraulico.	m	1,808	$ 1.491,11	$ 2.695,53
B0014900	Sello de silicona o sellador autonivelante	m	1,290	$ 10.741,71	$ 13.856,80
B0063290	Emulsion acuosa de parafina para curado de concreto, que evite la pérdida prematura de humedad de concretos y morteros	kg	1,316	$ 8.284,38	$ 10.904,06
B0133710	Concreto hidráulico para pavimento MR-43 (4.2 MPa)	m3	1,010	$ 730.184,00	$ 737.485,84
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
				SUBTOTAL $	$ 798.873,98

III. TRANSPORTES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (1)	DISTANCIA (2)	(1) * (2)	TARIFA	Vr. UNITARIO
T0010009	Transporte de concreto	m3-km	1,010	1,000	1,010	$ 1.493,27	$ 1.508,20
							$ -
							$ -
							$ -
							$ -
						SUBTOTAL $	$ 1.508,20

IV. MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	JORNAL	PRESTACIONES (%)	JR. TOTAL	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO
A0030070	Obrero (7)	$ 303.333,33	185	$ 561.166,67	40,00	$ 14.029,17
A0040010	Oficial	$ 73.666,67	185	$ 136.283,33	40,00	$ 3.407,08
					SUBTOTAL $	$ 17.436,25
					TOTAL COSTO DIRECTO $	$ 838.604,45

V. COSTOS INDIRECTOS

DESCRIPCIÓN	Porcentaje	Valor Total
ADMINISTRACION	20%	$ 167.720,89
IMPREVISTOS	5%	$ 41.930,22
UTILIDAD	5%	$ 41.930,22
	SUBTOTAL $	$ 251.581,34
	Precio Unitario Total Aproximado al Peso $	**$ 1.090.186**

Firma _____
Nombre:
Representante Legal del Contratista o su Apoderado
Matricula No. :

OBSERVACIONES INTERVENTORÍA:

APROBACIÓN POR INTERVENTORÍA

Nota 1: Cuando se trate de Análisis de precios unitarios correspondientes a ítems de la propuesta económica aprobada, el Interventor aprueba el desglose de los componentes manteniendo el mismo precio unitario de cada ítem, cumpliendo con las especificaciones de construcción vigentes para el proyecto.

Nota 2: Cuando se trate de Análisis de precios unitarios de ítems no previstos, el Interventor aprueba el desglose y precio unitario de cada ítem no previsto, exigiendo la aplicación de los costos correspondientes a insumos y tarifas de la propuesta económica inicial cuando estén contemplados, cumpliendo con las especificaciones de construcción vigente para el proyecto.

Firma _____
Nombre:
Representante Legal del Interventor o su Apoderado
Matricula No. :

NOTA: Los documentos publicados periódicamente son propiedad del Instituto Nacional de Vias. Su uso con fines comerciales o de lucro a cualquier título sin previa autorización, está totalmente prohibido y constituye una infracción a la normatividad vigente.

Fuente. INVIAS. APU GUAJIRA SUR 2024.

REGRESAR A INDICE	INSTITUTO NACIONAL DE VIAS ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE REFERENCIA REGIONALIZADOS ACTUALIZACIÓN PERIÓDICA	CÓDIGO	FR-APU-1	INVIAS
		VERSIÓN	2021	
		PÁGINA		
		FECHA	(Día) (Mes) (Año)	

ÍTEM BASE DE APU DE REFERENCIA: ☒ PUBLICACIÓN: 2024 - 1, junio de 2024

ÍTEM DE PROYECTO PARTICULAR:

ÍTEM DE LA PROPUESTA ECONÓMICA: ☐ ÍTEM NO PREVISTO: ☐ ÍTEM APU PARTICULAR: ☐

UNIDAD EJECUTORA: _____ DIRECCIÓN TERRITORIAL: _____

CONTRATO No. _____ FECHA: _____

OBJETO DEL CONTRATO: _____

CARRETERA: _____ SECTOR: _____

CONTRATISTA: _____

INTERVENTOR: _____ CONTRATO No. _____ FECHA: _____

FECHA DE CIERRE DEL PROCESO DE SELECCIÓN DEL CONTRATO: ___ / ___ / ___ (Día) (Mes) (Año)

DATOS ESPECÍFICOS

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	GRUPO DE AJUSTE	UNIDAD	CANTIDAD
330.1.1	BASE GRANULAR CLASE A (Analizada para NT3, tipo de gradacion BG 38, clase A)		m3	

I. EQUIPO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TIPO	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO
C0010150	Carrotanque de agua(1000 Galones)		$ 71.786,48	0,03333	$ 2.392,88
C0010610	Motoniveladora potencia 215 HP, ancho de cuchilla 4,27 m, peso 18 ton		$ 252.269,64	0,03333	$ 8.408,99
C0010923	Vibrocompactador, potencia 153 HP, peso 10 ton		$ 142.376,51	0,03333	$ 4.745,88
	HERRAMIENTA MENOR (%)			1,00%	$ 6,68
				SUBTOTAL $	$ 15.554,43

II. MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	Vr. UNITARIO
B0063200	Agua	L	22,000	$ 202,66	$ 4.458,54
B0014302	Material de base clase A (NT3) gradación fina BG 38	m3	1,300	$ 63.974,28	$ 83.166,56
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
					$ -
				SUBTOTAL $	$ 87.625,10

III. TRANSPORTES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (1)	DISTANCIA (2)	(1) * (2)	TARIFA	Vr. UNITARIO
T0010020	Transporte de material de base	m3-km	1,300	1,000	1,300	$ 828,35	$ 1.076,85
							$ -
							$ -
							$ -
							$ -
						SUBTOTAL $	$ 1.076,85

IV. MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	JORNAL	PRESTACIONES (%)	JR. TOTAL	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO
A0030020	Obrero (2)	$ 86.666,67	185	$ 160.333,33	240,00	$ 668,06
					SUBTOTAL $	$ 668,06
					TOTAL COSTO DIRECTO $	$ 104.924,45

V. COSTOS INDIRECTOS

DESCRIPCIÓN	Porcentaje	Valor Total
ADMINISTRACION	20%	$ 20.984,89
IMPREVISTOS	5%	$ 5.246,22
UTILIDAD	5%	$ 5.246,22
	SUBTOTAL $	$ 31.477,33
	Precio Unitario Total Aproximado al Peso $	$ 136.402

Firma _____
Nombre:
Representante Legal del Contratista o su Apoderado
Matricula No. :

OBSERVACIONES INTERVENTORÍA:

APROBACIÓN POR INTERVENTORÍA

Nota 1: Cuando se trate de Análisis de precios unitarios correspondientes a ítems de la propuesta económica aprobada, el Interventor aprueba el desglose de los componentes manteniendo el mismo precio unitario de cada ítem, cumpliendo con las especificaciones de construcción vigentes para el proyecto.

Nota 2: Cuando se trate de Análisis de precios unitarios de ítems no previstos, el Interventor aprueba el desglose y precio unitario de cada ítem no previsto, exigiendo la aplicación de los costos correspondientes a insumos y tarifas de la propuesta económica inicial cuando estén contemplados, cumpliendo con las especificaciones de construcción vigente para el proyecto.

Firma _____
Nombre:
Representante Legal del Interventor o su Apoderado
Matricula No. :

NOTA: Los documentos publicados periódicamente son propiedad del Instituto Nacional de Vías. Su uso con fines comerciales o de lucro a cualquier título sin previa autorización, está totalmente prohibido y constituye una infracción a la normatividad vigente.

Fuente. INVIAS. APU GUAJIRA SUR 2024.